

UNIVERZITA KARLOVA V PRAZE

3. LÉKAŘSKÁ FAKULTA

Ústav/klinika: Mimofakultní pracoviště



Jitka Bohatcová, DiS.

**Kvalita pitné vody v Pardubickém kraji - zdravotní
prospěšnost a rizika**

*Quality of drinking water in Pardubice region - health
benefit and risks*

Bakalářská práce

Praha, červenec 2012

Autor práce: Jitka Bohatcová, DiS.

Studijní program: Veřejné zdravotnictví kombinovaná forma studia

Bakalářský studijní obor: Specializace ve zdravotnictví

Vedoucí práce: **MUDr. Bohumil Havel**

Pracoviště vedoucího práce: **KHS Pardubického kraje**

Předpokládaný termín obhajoby: 11. září 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předkládanou práci vypracovala samostatně a použila výhradně uvedené citované prameny, literaturu a další odborné zdroje. Současně dávám svolení k tomu, aby má bakalářská práce byla používána ke studijním účelům.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do Studijního informačního systému – SIS 3. LF UK jsou totožné.

V Praze dne 20. července 2012

Jitka Bohatcová, DiS.

Poděkování

Děkuji MUDr. Bohumilu Havlovi za odborné vedení mé bakalářské práce.

Obsah

1	ÚVOD	6
2	PARDUBICKÝ KRAJ	8
2.1	CHARAKTERISTIKA	8
2.1.1	<i>Povodí</i>	9
2.1.2	<i>Hydrogeologie</i>	9
3	HODNOCENÍ JAKOSTI PITNÉ VODY	13
3.1	ZÍSKÁVÁNÍ DAT A JEJICH ZPRACOVÁNÍ	13
3.1.1	<i>Systém kontroly a zabezpečení kvality (QA/QC)</i>	14
3.2	MONITOROVANÁ OBLAST	15
3.3	VÝSLEDKY A JEJICH DISKUSE	15
3.3.1	<i>Jakost pitné vody v sítích veřejných vodovodů Pa kraje</i>	19
3.3.2	<i>Vliv pitné vody na zdraví</i>	27
4	KVALITA PITNÉ VODY V PARDUBICKÉM KRAJI V RÁMCI PROJEKTU „ZDRAVÍ 21“	30
5	ZDRAVOTNÍ PROSPĚŠNOST A RIZIKA VYBRANÝCH UKAZATELŮ	34
5.1	DUSIČNANY	34
5.1.1	<i>Použití, chování a výskyt ve vodě</i>	34
5.1.2	<i>Příjem a chování v organismu</i>	35
5.1.3	<i>Toxicita</i>	36
5.1.4	<i>Doporučený limit WHO</i>	38
5.1.5	<i>Přijaté limity</i>	39
5.1.6	<i>Limity pro krátkodobý příjem</i>	39
5.2	ŽELEZO	40
5.2.1	<i>Výskyt a chování železa ve vodě</i>	40
5.2.2	<i>Příjem a chování v organismu</i>	41
5.2.3	<i>Toxicita</i>	42
5.2.4	<i>Doporučený limit WHO</i>	43
5.2.5	<i>Přijaté limity</i>	44
5.2.6	<i>Limity pro krátkodobý příjem</i>	44
5.3	CA + MG („TVRDOST VODY“)	44
5.3.1	<i>Použití, chování a výskyt ve vodě</i>	44
5.3.2	<i>Příjem a funkce v organismu</i>	46
5.3.3	<i>Zdravotní význam tvrdosti vody – epidemiologické studie</i>	47
5.3.4	<i>Doporučený limit WHO</i>	50
5.3.5	<i>Přijaté limity</i>	51
5.3.6	<i>Limity pro krátkodobý příjem</i>	51
5.3.7	<i>Celková mineralizace</i>	51
5.4	MANGAN	52
5.4.1	<i>Chování a výskyt ve vodě</i>	52
5.4.2	<i>Příjem a chování v organismu</i>	53
5.4.3	<i>Toxicita, genotoxicita a karcinogenita</i>	54
5.4.4	<i>Doporučený limit WHO</i>	56
5.4.5	<i>Přijaté limity</i>	57
5.4.6	<i>Limity pro krátkodobý příjem</i>	57
6	ZÁVĚR	58
7	SOUHRN	60
8	SUMMARY	61
9	CITOVANÁ LITERATURA	62
10	PŘÍLOHY	65

1 Úvod

Téma své bakalářské práce „Kvalita pitné vody v Pardubickém kraji - zdravotní prospěšnost a rizika“ jsem si vybrala na základě svého dlouholetého zájmu o tuto problematiku.

Voda je jedna z nejvýznamnějších produktů planety Země a vyskytuje se v přírodním prostředí jak na jejím povrchu nebo v podzemí, tak v její atmosféře a to v různém skupenství a v množství typů vod různého charakteru. Existencí vody na Zemi je umožněn život od primární jednoduché podoby až po variace nejsložitějších dokonalých uskupení, kdy na povrchu vývojové pyramidy stojí člověk. Právě člověk, jako jediný za skupinu živočišných druhů dokáže vodu využívat nejen pro svoji biologickou potřebu, ale i pro celou řadu jiných procesů, u nichž je voda základním, případně vedlejším produktem. Okřídlené heslo: „Voda je základ života“ je bez ohledu na mnohdy zbytečnou devalvací reálnou, ničím nezpochybnitelnou realitou (1).

Voda jako materie nezbytná pro existenci člověka je ovlivňována lidmi v obou směrech (pozitivně i negativně). Ovlivněním pozitivním můžeme nazývat úpravu vody a zlepšování její vlastnosti, negativním pak jakékoliv její znečišťování. Úprava vody je působení člověka na vodu primární za účelem získání vody upravené (1).

Voda v přírodě je bezprostředně ovlivňována svým prostředím, ze kterého si odnáší specifický charakter a to jak po stránce fyzikálních vlastností, tak po stránce chemické a biologické (1).

Nejvýznamnější potřebou je získání vody pro pitné účely lidí. Takovým produktem je „pitná voda“, která musí splňovat řadu kvalitativních parametrů, které zabezpečí fyziologické potřeby lidí a současně v žádném ohledu negativně neovlivní jejich zdraví a přirozenou existenci (1).

V mé práci bych chtěla udělat celkový průřez nejčastějších překračujících ukazatelů v dodávané pitné vodě v Pardubickém kraji na základě údajů shromážděných v integrovaném systému pitné vody (IS Pi-Vo). V IS Pi-Vo je stanovena základní roční databáze, do nichž jsou zařazeny výsledky stanovení ukazatelů jakosti pitné vody, které charakterizují běžný stav monitorované

vodovodní sítě a na základě dostupných podkladů a vlastních a kolegiálních poznatků z dozorové činnosti.

Následně bych chtěla upozornit na možná rizika spojená s pravidelnou konzumací vody s nevyhovujícími parametry pro pitnou vodu stanovenými ve vyhlášce č. 252/2004 Sb.¹ a málo probíranou problematiku velmi nízkého nebo příliš vysokého obsahu rozpuštěných látek, zvláště vápníku a hořčíku, které též mohou mít nezanedbatelný zdravotní význam.

Nehledě k tomu, že určitý minimální obsah rozpuštěných minerálních látek je žádoucí i proto, aby chuť vody byla vnímána jako příjemná.

¹ Vyhláška MZ č.252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění.

2 Pardubický kraj

Obrázek 1- Mapa



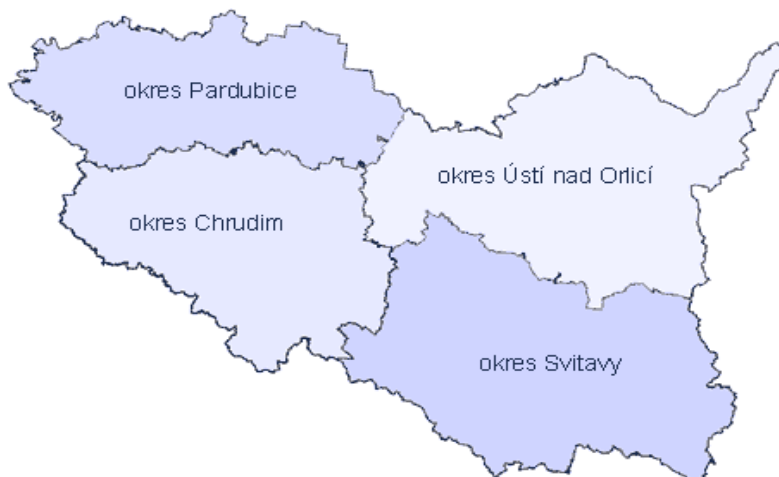
2.1 Charakteristika

Pardubický kraj vznikl jako nový územně správní celek s krajským městem Pardubice v roce 2000. Přesto, že s počtem čtyř okresů (Pardubice, Chrudim, Ústí nad Orlicí, Svitavy) se řadí mezi menší kraje, z hlediska významu tomu tak není. Je významným průmyslovým a obchodním centrem s rozvinutou infrastrukturou. Disponuje celou řadou přírodních, kulturních a historických hodnot. V povědomí obyvatel České republiky je spojen s výrobou perníku, nechvalně známou trhavinou semtex a dostihy. Koně jsou regionu souzeny. S koňmi jsou totiž spjaty i Kladruby nad Labem, kde od 16. století přetrvává chov starošpanělských a staroitalských koní. Vyhledávaným místem pro rekreaci je vodní nádrž Seč na řece Chrudimce. Při návštěvě kraje nelze opomenout Litomyšl, které je spojeno se jménem zdejšího rodáka, slavného hudebního skladatele Bedřicha Smetany (2).

Kraj leží převážně na východě Čech a na katastrálních územích Velká Morava, Červená Voda, Šanov, Moravský Karlov, Bílá Voda, Mlýnice, Mlýnický

Dvůr, Cotkytle, Strážná, Tatenice, Krasíkov, Lubník, a okolím Svitav a Moravské Třebové zasahuje i na historické území Moravy. Sídlním městem kraje je statutární město Pardubice. V kraji je 451 obcí, z toho 15 obcí s rozšířenou působností a 26 obcí s pověřeným obecním úřadem. Z celkového počtu obcí jsou 34 města a 6 městysů. Svou rozlohou 4 519 km² zaujímá 5,7 % (2).

Obrázek 2 - Mapa jednotlivých okresů



2.1.1 Povodí

Převážnou většinu území Pardubického kraje odvodňuje Labe, nejdelší řekou na území kraje je levobřežní labský přítok Chrudimka. Část území na Svitavsku odvodňuje Svitava, přítok řeky Moravy (která na území kraje pramení) a potažmo Dunaje. Krajem prochází hlavní evropské rozvodí mezi Severním a Černým mořem (2).

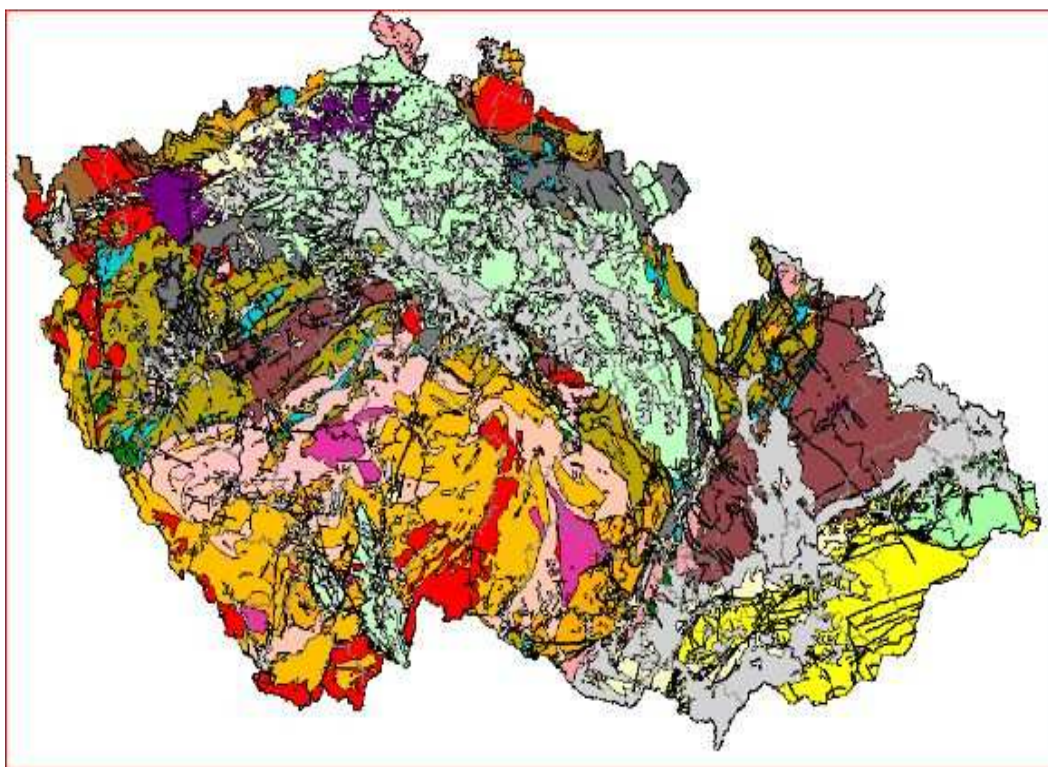
2.1.2 Hydrogeologie

Území České republiky patří z regionálního hlediska ke dvěma velkým celkům s odlišnou geologickou minulostí: Čechy a většina Moravy a Slezska jsou součástí Českého masivu, východní část Moravy a Slezska patří vnější okrajové části Západních Karpat. Stavba Českého masivu i Karpat je složitá a dosud ne ve všech aspektech uspokojivě známá. Proto i podrobnější regionální geologické členění skýtá řadu otevřených problémů.

Území ČR je členěno na 143 hydrogeologických rajonů nestejného významu vzhledem k množství využitelných zdrojů.

Podzemní voda se v ekosystému vyskytuje jako výplň prŕlin, kapilár, puklin a kaveren hornin. Výskyt je dán fyzikálními vlastnostmi hornin, hlavně propustností (dělí se na horniny pro vodu propustné a horniny pro vodu nepropustné). U sedimentárních hornin (volné – např. písky, šterky a pevné – např. slepence, pískovce) stupeň propustnosti záleží na velikosti částic a primární porozitě. U metamorfovaných hornin (např. svory, pararuly) je propustnost pro vodu obtížnější a je vázána na místa nestejnorodosti vrstev, nedoléhavosti ploch nebo stupně zvětrání. Podzemní vody se dělí na tři hlavní typy: prŕlinové, puklinové a krasové (3; 4).

Obrázek 3 - Geologická mapa ČR



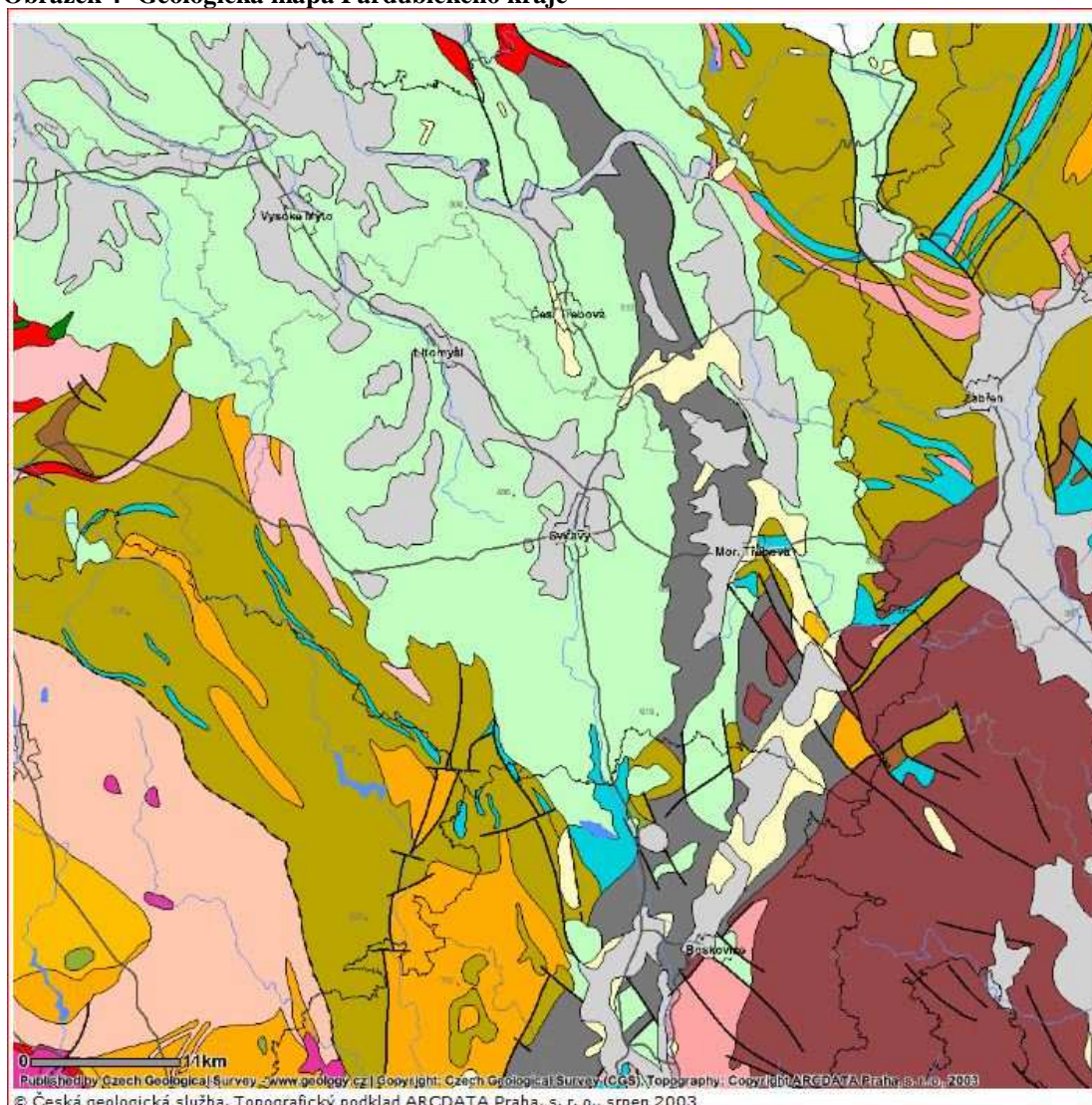
[Zdroj: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/okres-CZ0533/>]
























Na území Pardubického kraje z geologického hlediska převládají především druhohorní usazené horniny (níže na mapě znázorněno světle zeleně), což jsou pískovce, opuky a jílovce, jedná se o mezozoické horniny (z originální odborné legendy Obrázek 4). Světle šedá barva nám znázorňuje čtvrtohorní usazené horniny - hlíny, spraše, šterky, písky. Tmavě šedá barva znázorňuje usazené horniny mladších prvohor - permokarbonské pískovce, slepence a jílovce. Zeleno žlutá barva poukazuje na starohorní zvrásněné horniny - břidlice, fylity,

svory až pararuly. Ve vztahu ke geologické struktuře podloží jsou rozlišovány horniny s přímou a nepřímou propustností. Přímá propustnost je charakteristická pro zrnité sedimentární horniny (zrnitost 0,1mm – cm). Typické jsou písky, pískovce, říční náplavy, erozní horniny. Taková voda se nazývá průlinová. Většinou vyplňuje malé i větší prostory v usazených horninách. Její pohyb je tedy velmi pomalý.

Mezi oblasti s nejvýznamnějšími zdroji podzemní vody patří kvartérní uloženiny podél řek (Labe, Orlice, Morava, Bečva...) a křídové sedimenty v oblasti Kamenice, Ploučnice, Vysokého Mýta, Svitavska a plzeňské pánve (viz Obrázek 3).

Obrázek 4- Geologická mapa Pardubického kraje



Originální odborná legenda GeoČR500	
Legenda GEOČR500	
	diority a gabra, assyntské a variské
	granitoidy assyntské (žuly, granodiority)
	granodiority až diority (tonalitová řada)
	jednotvárná série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity)
	kvartér (hlíny, spraše, písky, štěrky)
	mezozoické horniny (pískovce, jílovce)
	mezozoické horniny alpinsky zvrásněné (pískovce, břidlice)
	ortoruly, granulity a velmi pokročilé migmatity v moldanubiku a proterozoiku
	paleozoické horniny zvrásněné a metamorfované (fylity, svory)
	paleozoické horniny zvrásněné, nemetamorfované (břidlice, droby, křemence, vápence)
	permokarbonské horniny (pískovce, slepence, jílovce)
	pěstrá série moldanubika (svorové ruly, pararuly až migmatity s vložkami vápenců, erlánu, kvarcitu, grafitu a amfibolitu)
	proterozoické horniny assyntsky zvrásněné, s různě silným variským přepracováním (břidlice, fylity, svory až pararuly)
	terciérní horniny (písky, jíly)
	terciérní horniny alpinsky zvrásněné (pískovce, břidlice)
	tmavé granodiority, syenity (durbachitová řada)
	ultrabazity v moldanubiku a proterozoiku
	vulkanické horniny terciérní (čediče, fonolity, tufy)
	vulkanické horniny zčásti metamorfované, proterozoické až paleozoické (amfibolity, diabasy, melafyry, porfyry)
	žuly (granitová řada)
Linie	
	hranice zjištěná
	zlom zjištěný
	zlom předpokládaný

[Zdroj: <http://www.geologicke-mapy.cz/regiony/okres-CZ0533/>]

Příklad:

Prameniště pro brněnskou vodárenskou soustavu, tj. I. a II. březovský vodovod v Březové nad Svitavou – vysoce kvalitní podzemní voda se získává z území, které se nachází v jižní části Českořebovské vrchoviny, která se vyznačuje příznivou geologickou stavbou a příznivými geografickými podmínkami pro akumulaci velkých zásob puklinových podzemních vod v souvrstvích křídových pískovců. V místě jímacího území tvoří křídový útvar synklinálu, omezenou na jihu brachysynklinálním uzávěrem. Vodohospodářsky nejvýznamější jsou kolektory ve spodním (II. březovský vodovod) a středním (I. březovský vodovod) turonu. Jímací zařízení pro I. březovský vodovod jímá vodu z tzv. I. horizontu a sestává se ze 14 vrtaných studní do hloubky 17 – 21 m (13 studní se nachází ve 300 m dlouhé štoli s masivní cihelnou obezdívkou). Jímací zařízení II. březovského vodovodu slouží k jímaní z I. zvodnělého horizontu (představuje 28 studní o hloubce 12 – 18 m) i II. zvodnělého horizontu (7 studní vrtaných do hloubky 80 – 130 m). Vydatnost je cca 780 l/s. V době zvýšení vydatnosti podzemních vod až do výše kapacity přivaděče slouží pro zásobení pitnou vodou města Brna.

3 Hodnocení jakosti pitné vody

Zprávy o kvalitě pitné vody v rámci „Systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí“ za celou ČR od roku 1993 každoročně vydává Státní zdravotní ústav v Praze. Zprávy byly do roku 2003 zpracovávány na základě výsledků z 30-35 vybraných krajských a okresních měst a některých dalších menších vodovodů v těchto okresech. Díky změně zákona o ochraně veřejného zdraví v roce 2003, podle kterého musí být dnes všechny rozborů pitné vody provedené podle tohoto zákona (č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví) vloženy do centrální databáze, jsou další zprávy (počínaje rokem 2004) zpracovávány z údajů pocházejících prakticky ze všech veřejných vodovodů ČR a z velmi vysoké části veřejných a komerčních studní.

S využitím těchto cenných zpráv jsem se rozhodla zanalyzovat kvalitu pitné vody za Pardubický kraj.

3.1 Získávání dat a jejich zpracování

Počínaje rokem 2004 jsou většinovým zdrojem dat pro celostátní monitoring rozborů, které zajišťuje provozovatel, jejichž provedení, četnost a rozsah je provozovatelům uloženo platnou legislativou. Získané údaje jsou provozovatelé, respektive akreditované/autorizované laboratoře povinni převést do předepsané elektronické podoby a neprodleně je předat orgánu ochrany veřejného zdraví, respektive je vložit přímo do IS PiVo (informační systém pitné vody). Stejná povinnost je uložena i zdravotním ústavům při provádění rozborů v rámci hygienického dozoru (5).

Informační systém pitné vody je neveřejná webová aplikace, přístup k ní mají pouze oprávnění uživatelé prostřednictvím běžného internetového prohlížeče. Správcem IS je Ministerstvo zdravotnictví ČR, provozován je Koordinačním střediskem pro rezortní zdravotnické informační systémy (KSRZIS) (5).

Z údajů shromážděných v IS PiVo je stanovena základní roční databáze, do které jsou zařazeny výsledky stanovení ukazatelů jakosti pitné vody, které charakterizují běžný stav monitorované vodovodní sítě. Výsledky z období případných havárií jsou již původcem dat označeny jako „havárie“ a do základního zpracování nejsou zařazeny (5).

Pro hodnocení jakosti pitné vody je závazným podkladem vyhláška Ministerstva zdravotnictví České republiky č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody, v platném znění, která vychází z evropské směrnice Rady 98/83/EC, o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu. Oproti směrnici však česká vyhláška obsahuje více ukazatelů a u několika ukazatelů má přísnější limitní hodnotu, což směrnice připouští. Podkladem pro hodnocení radiologických ukazatelů je vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost o radiační ochraně č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb (5).

Ve výše uvedených legislativních předpisech jsou stanoveny závazné ukazatele jakosti pitné vody a jejich limitní hodnoty. Na základě svého zdravotního významu mají jednotlivé ukazatele limitní hodnoty různého typu:

Doporučená hodnota (DH) – jedná se o nezávaznou hodnotu ukazatele jakosti pitné vody, která stanoví minimální žádoucí nebo přijatelnou koncentraci dané látky nebo optimální rozmezí koncentrace dané látky.

Mezní hodnota (MH) – hodnota organoleptického ukazatele jakosti pitné vody, jejích přirozených součástí nebo provozních parametrů, jejichž překročení obvykle nepředstavuje akutní zdravotní riziko. Není-li u ukazatele uvedeno jinak, jedná se o horní hranici rozmezí přípustných hodnot.

Nejvyšší mezní hodnoty (NMH) – hodnota zdravotně závažného ukazatele jakosti pitné vody, v důsledku jejíhož překročení je vyloučeno použití vody jako pitné, neurčí-li orgán ochrany veřejného zdraví na základě zákona jinak.

Směrná hodnota – kritérium, jenž je vodítkem pro posouzení opatření v radiační ochraně, jeho nesplnění indikuje podezření, že radiační ochrana není optimalizována (5).

3.1.1 Systém kontroly a zabezpečení kvality (QA/QC)

Podle zákona č. 258/2000 Sb.², mohou být do IS PiVo³ vloženy výsledky rozborů vzorků pouze tehdy, pokud jejich analýza byla provedena v laboratoři, která má platné osvědčení o akreditaci, autorizaci nebo o správné činnosti

² Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, v platném znění.

³ IS PiVo - Informační systém pitné vody

laboratoře. Průběžnou kontrolu zajištění systému QA/QC v těchto laboratořích provádí orgán vydávající osvědčení (ČIA, SZÚ, ASLAB). Orgán ochrany veřejného zdraví (územní pracoviště KHS) ověřuje, zda laboratoř má předepsané platné osvědčení (5; 6).

3.2 Monitorovaná oblast

Do zpracování byly zařazeny výsledky stanovení všech ukazatelů jakosti pitné vody provedených v Pardubickém kraji podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., získané rozborem vzorků v roce 2011, které byly vloženy do IS PiVo do 06. 02. 2012.

Pro ukazatel vápník a ukazatel hořčík se neprovádí hodnocení dodržení limitních hodnot, neboť vyhláška č. 252/2004 Sb., u těchto ukazatelů vyžaduje dodržení minimálního obsahu jen u vod, u kterých je při úpravě uměle snižován obsah vápníku nebo hořčíku, limit se nevztahuje na vody s přírodně nízkým obsahem vápníku, pokud tyto vody nejsou agresivní k potrubí.

Časový vývoj sledovaných charakteristik jakosti pitné vody za poslední dva roky od 2010 do 2011, porovnání charakteristik větších (zásobujících nad 5000 obyvatel) a menších (zásobujících do 5000 obyvatel) zásobovaných oblastí a některé další závislosti jsou pro přehled prezentovány v grafické podobě (viz na dalších stranách).

3.3 Výsledky a jejich diskuse

Přehled počtu zásobovaných oblastí jednotlivých okresů v Pardubickém kraji, z nichž byly získány a do IS PiVo vloženy údaje (data za rok 2011 do 06.02.2012), včetně celkového počtu jimi zásobovaných obyvatel:

Z celkového počtu 208 monitorovaných zásobovaných oblastí je 88 nejmenších oblastí zásobujících do 300 obyvatel. Z oblastí zásobujících do 300 obyvatel (viz Tabulka 1) má nejvíce oblastí okres Ústí nad Orlicí 42,0 % (37 oblastí), okres Svitavy má 30,7 % (27 oblastí), okres Chrudim 22,7 % (20 oblastí) a okres Pardubice 4,5 % (4 oblasti). Pouhých 1,9 % (4 oblasti) zásobuje počet obyvatel od 2 tis. do 5 tis. obyvatel. K větším oblastem odebírajících pitnou vodu z veřejného vodovodu připadá 9,1 % (19 oblastí), z nichž každá zásobuje více než 5000 obyvatel (viz Tabulka 2).

Tabulka 1 - Oblasti zásobující do 300 obyvatel v Pardubickém kraji v roce 2011

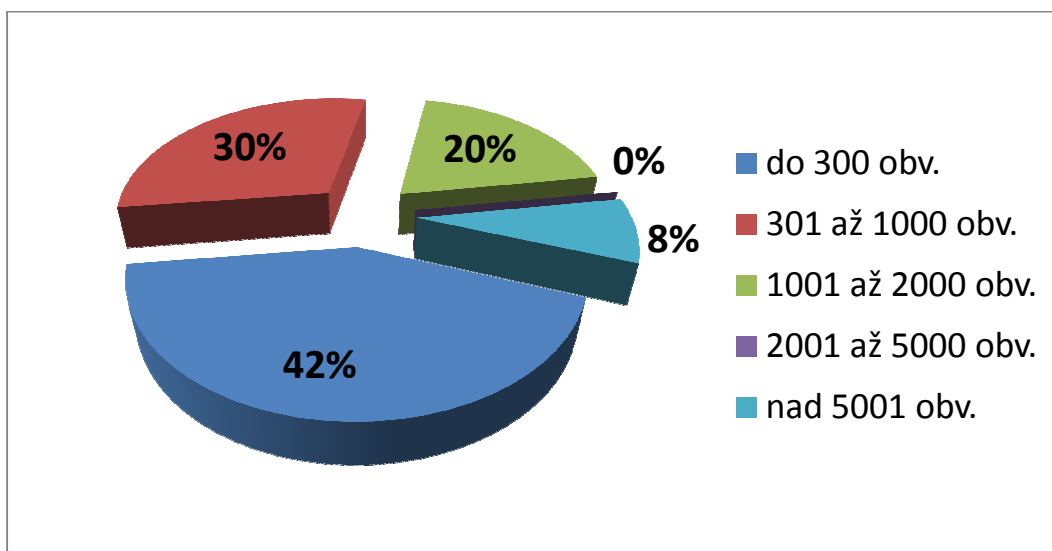
Územní pracoviště	Hodnoty (%)	Počet oblastí do 300 obyvatel
<i>Chrudim</i>	22,7	20
<i>Pardubice</i>	4,5	4
<i>Svitavy</i>	30,7	27
<i>Ústí nad Orlicí</i>	42,0	37
Celkem	100,0	88

Tabulka 2 - Celkový počet oblastí dle počtu zásobovaných obyvatel v Pardubickém kraji v roce 2011

Vodovody Pa kraje		
Počet zásobovaných obyvatel	Hodnoty (%)	Počet oblastí
<i>do 300</i>	42,3	88
<i>301 až 1000</i>	30,3	63
<i>1001 až 2000</i>	16,3	34
<i>2001 až 5000</i>	1,9	4
<i>nad 5001</i>	9,1	19
Celkem	100,0%	208

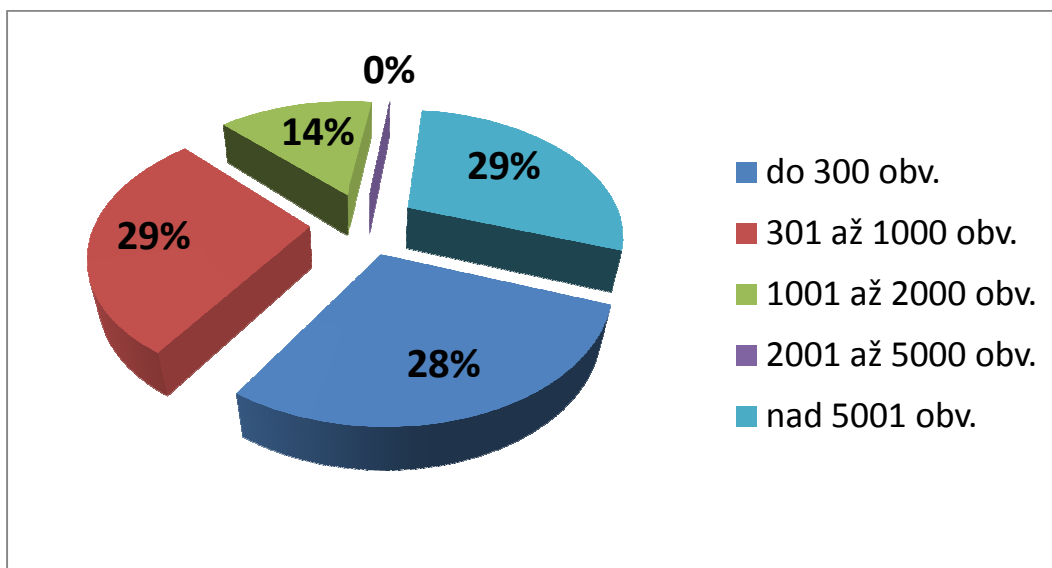
Podrobnější rozložení celkového počtu zásobovaných obyvatel v jednotlivých okresech Pardubického kraje v roce 2011 je uvedeno v grafech níže:

Graf 1 - Rozložení zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů okres Ústí nad Orlicí rok 2011.



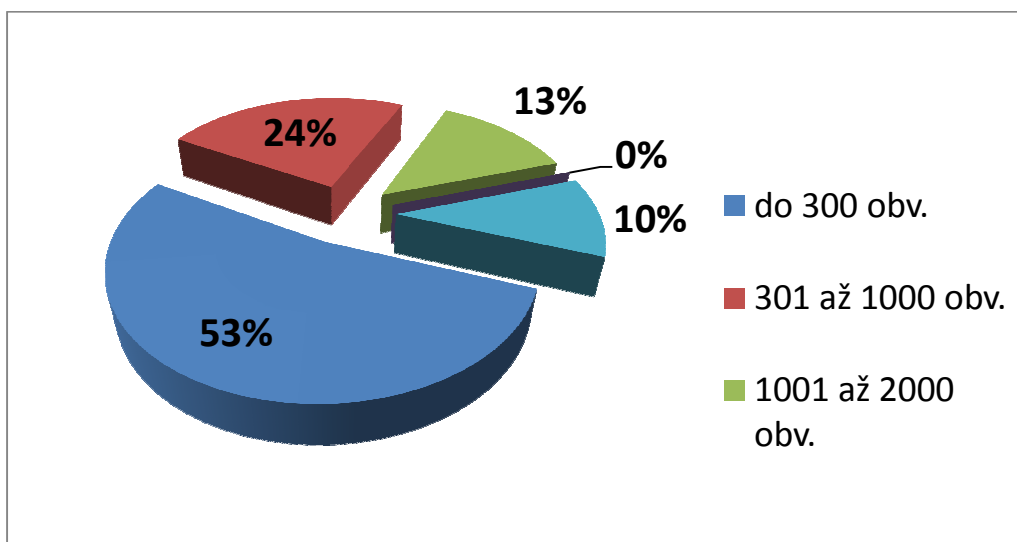
Okres Ústí nad Orlicí je svojí rozlohou (1 258,31 km²) největší oblastí, s počtem 130 786 zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů. Dozorovým orgánem nad dodržováním předpisů je KHS Pa kraje, územní pracoviště Ústí nad Orlicí. V IS Pi-vo je registrováno 87 oblastí, mezi kterými převažují především menší obecní vodovody, což nese i své úskalí a náročnost při státním zdravotním dozoru. Často u menších vodovodů dochází i k častějším poruchám, a s tím spojeným nevyhovujícím výsledkem rozborů vody. Velkých vodovodů nad 5 tis. obyvatel je v tomto okrese 7 (Česká Třebová, Choceň, Lanškroun, Letohrad, Ústí nad Orlicí, Vysoké Mýto a Žamberk). Nejvíce obyvatel 14 558 je zásobeno z veřejného vodovodu Ústí nad Orlicí.

Graf 2 - Rozložení zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů okres Pardubice rok 2011.



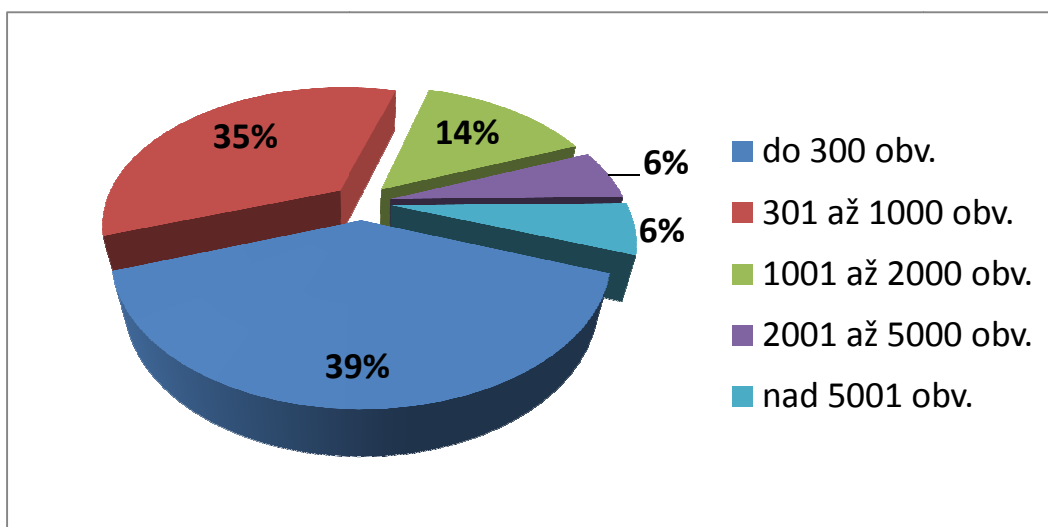
Okres Pardubice má katastrální výměru 77,71 km² a 120 826 obyvatel, které zásobuje z veřejných vodovodů. Dozorovým orgánem nad dodržováním předpisů je KHS Pa kraje. V IS Pi-vo je registrováno 14 oblastí, mezi kterými je rovnoměrné rozložení. Většinou se jedná o skupinové vodovody, které jsou provozovány odbornými pracovníky. Velké vodovody nad 5 tis. obyvatel jsou v tomto okrese pouze 4 (Holice v Čechách, Skupinový vodovod Chrudim, Pardubice- Mikulovice a Přelouč), což dělá u celkového počtu zásobovaných obyvatel 29 %. Nejvíce obyvatel 48 325 je zásobeno z veřejného vodovodu Pardubice - Mikulovice.

Graf 3 - Rozložení zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů okres Chrudim rok 2011.



Okres Chrudim svojí katastrální výměrou (33,20 km²) se řadí mezi menší oblasti, ale i přes svoji rozlohu nezaostává s počtem 96 154 zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů. Dozorovým orgánem nad dodržováním předpisů je KHS Pa kraje, územní pracoviště Chrudim. V IS Pi-vo je registrováno 38 oblastí, mezi kterými převažují především menší obecní vodovody, což sebou většinou nese náročnost při státním zdravotním dozoru (špatná dostupnost objektů, neproškolení pracovníci). Často u menších vodovodů dochází i k častějším poruchám (finanční problém), a s tím spojeným nevyhovujícím výsledkům rozborů vody. Velké vodovody nad 5 tis. obyvatel jsou v tomto okrese pouze 4 (Heřmanův Městec, Hlinsko v Čechách, Chrudim – skupinový vodovod a Skuteč).

Graf 4 - Rozložení zásobovaných obyvatel z veřejných vodovodů okres Svitavy rok 2011.



Okres Svitavy se svojí katastrální výměrou (31,33 km²) spadá do oblastí, které zásobují 99 132 obyvatel z veřejných vodovodů. Dozorovým orgánem nad dodržováním předpisů je KHS Pardubického kraje, územní pracoviště Svitavy. V IS Pi-vo je registrováno 69 oblastí, mezi kterými převažují především menší obecní vodovody, což sebou nese i větší počet provozovatelů a s tím spojenou náročnost při státním zdravotním dozoru (špatná dostupnost objektů, neproškolení pracovníci). Často u menších vodovodů dochází i k častějším poruchám, což může být i jedna z příčin nevyhovujících výsledků rozborů vody. Velké vodovody nad 5 tis. obyvatel jsou v tomto okrese pouze 4 (Litomyšl, Moravská Třebová – skupinový vodovod, Skupinový vodovod Poličsko a Svitavy – skupinový vodovod).

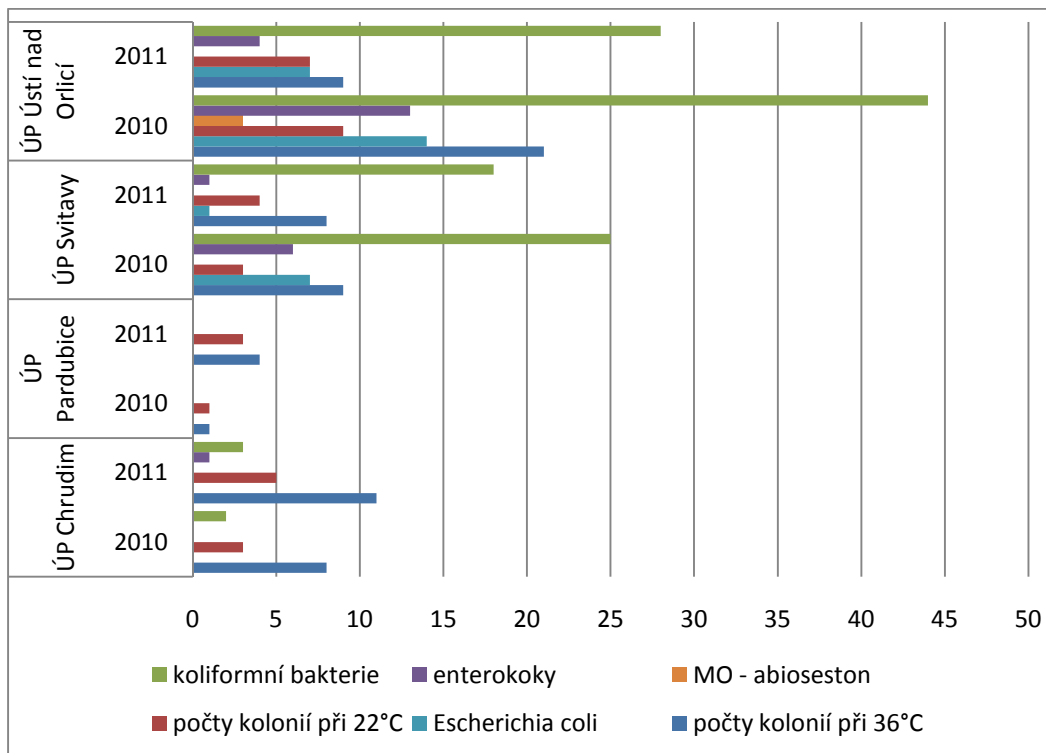
3.3.1 Jakost pitné vody v sítích veřejných vodovodů Pa kraje

Ze sítí veřejných vodovodů 208 zásobovaných oblastí, které zásobují pitnou vodou 446 898 obyvatel, bylo v roce 2011 odebráno 1762 vzorků, jejichž rozbohem bylo získáno a do databáze IS PiVo vloženo 11 690 hodnot ukazatelů jakosti pitné vody. Limity zdravotně významných ukazatelů limitovaných nejvyšší mezní hodnotou (NMH) byly překročeny v 79 případech (v okrese Chrudim 29 případů a v okrese Ústí nad Orlicí v 28 případech). Mezní hodnoty (MH) ukazatelů jakosti charakterizujících především organoleptické vlastnosti pitné vody nebyly dodrženy v 313 nálezech. Četnost nedodržení limitních hodnot klesá s rostoucím počtem zásobovaných obyvatel.

Celkem 189 018 obyvatel (42,29 %) bylo zásobováno pitnou vodou z distribučních sítí, v nichž v roce 2011 nebylo nalezeno překročení limitu žádného z ukazatelů limitovaných NMH. Z toho 4 vodovody zásobující 1032 obyvatel mají pro daný ukazatel v IS PiVo evidovanou platnou dočasnou výjimku, kterou schvaluje orgán ochrany veřejného zdraví. Mírnější hygienický limit, než stanoví platná vyhláška č. 252/2004 Sb., byl nejčastěji určen pro ukazatel dusičnany (3 oblasti zásobující celkem 812 obyvatel). Povolená limitní hodnota se pohybovala v rozmezí 55 – 93 mg/l. Dále pak pro ukazatele uran (1 oblast – vodovod Licibořice, okres Chrudim, 220 obyvatel, limit 15 µg/l), berilium (1 oblast, 500 obyvatel, limit 3,6 µg/l) a hliník (1 oblast, 500 obyvatel, limit 0,4 mg/l). Ve třech oblastech byla udělena výjimka pro 1 ukazatel jakosti

pitné vody, v 1 oblasti (vodovod Horní Bradlo, okres Chrudim) platila výjimka pro 3 ukazatele (hliník, berillium, dusičnany).

Graf 5 - Mikrobiologické a biologické ukazatele jakosti pitné vody Pardubický kraj. Rok 2010, 2011 (počet nevyhovujících nálezů).



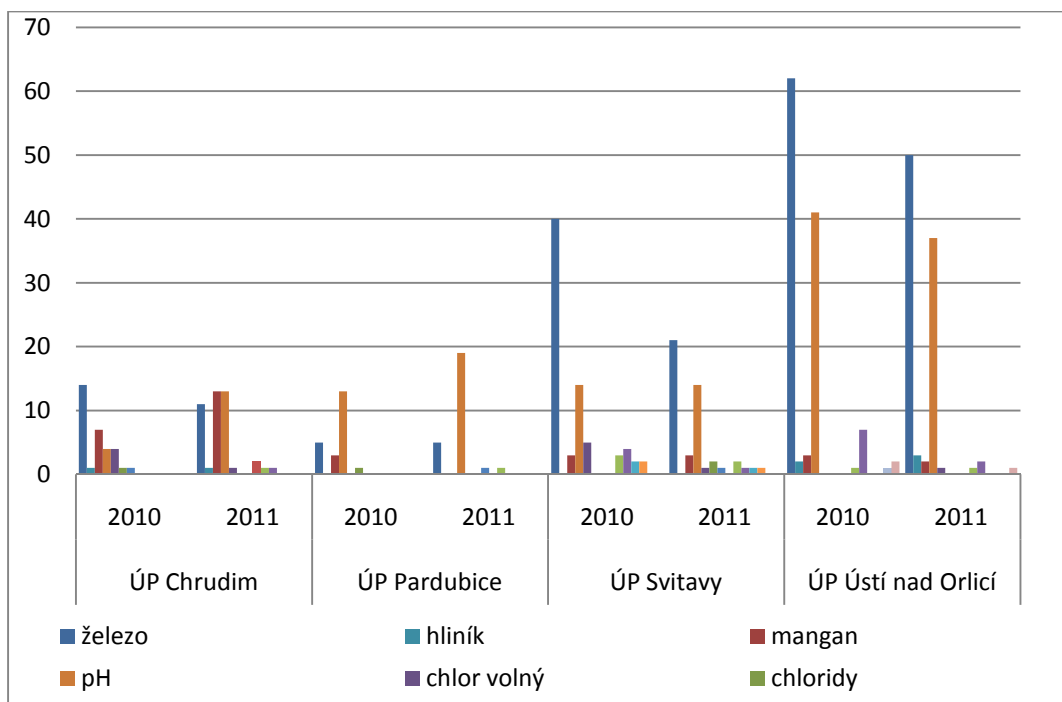
Nejčastějším překračujícím mikrobiologickým a biologickým ukazatelem ve veřejných vodovodech Pardubického kraje jsou **koliformní bakterie**, což jsou většinou neškodné, saprofytické bakterie, osídlující střevní trakt, ale žijí i běžně v půdě. Vyjímčně se mohou mezi nimi vyskytnout i patogenní kmeny, které tvoří toxiny, mohou proniknout do tkání a způsobit přímo ohrožení zdraví. Dnes jsou považovány za indikátor účinnosti úpravy vody a dezinfekce nebo sekundární kontaminace či vysokého obsahu živin v upravené vodě (6). Tato MH je nejvíce překračována v okresech Svitavy a Ústí nad Orlicí, především u vodovodů do 1000 zásobovaných obyvatel. Jedná se o vodovody menších obcí, kterých je v těchto okresech nejvíce zastoupeno. Obsah koliformních bakterií byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 2979 hodnot. Překročení MH (limit je 0 KTJ/100 ml) bylo zjištěno v 120 nálezech (v roce 2010 v 71 nálezech a v roce 2011 v 49 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace byla 0 KTJ/100 ml.

Druhým nejčastěji překračujícím ukazatelem jsou **počty kolonií při 36°C**, všudypřítomné bakterie, které se za vhodných podmínek ve vodě množí. MH je překračována u vodovodů zásobujících od 500 do 5 tis. obyvatel a to v okrese Chrudim a Ústí nad Orlicí. Obsah počtů kolonií při 36°C byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 2994 hodnot. Překročení MH (limit je 0 KTJ/ml) bylo zjištěno v 71 nálezech (v roce 2010 v 39 nálezech a v roce 2011 v 32 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace byla 0 KTJ/ml.

Enterokoky a Escherichia coli jsou indikátorem fekálního znečištění (fekálie člověka a teplokrevných zvířat) a odpadních vod (6). NMH je překračována hlavně u vodovodů zásobujících do 700 obyvatel v okresech Ústí nad Orlicí a Svitavy. Obsah enterokoků byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 1375 hodnot. Překročení NMH (limit je 0 KTJ/100 ml) bylo zjištěno v 25 nálezech (v roce 2010 v 19 nálezech a v roce 2011 v 6 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace byla 0 KTJ/100 ml. Obsah Escherichia coli byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 2943 hodnot. Překročení NMH (0 KTJ/100 ml) bylo zjištěno v 29 nálezech (v roce 2010 v 21 nálezech a v roce 2011 v 8 nálezech).

Srovnáním výsledků z roku 2010 s rokem 2011 dochází ke zlepšení kvality vody a snížení překročení u mikrobiologických a biologických ukazatelů. Jen u jednoho ukazatele **počty kolonií při 36°C** (v okrese Chrudim) došlo k zhoršení oproti roku 2010. Ke zlepšení kvality vody jistě napomáhá i chuť provozovatelů menších vodovodů se vzdělávat a hlavně fakt, že si uvědomují, že provozování vodovodu je činnost epidemiologicky závažná, a s tím i souvisejí určité povinnosti.

Graf 6 - Chemické a fyzikální ukazatele jakosti pitné vody s MH Pardubický kraj. Rok 2010, 2011 (počet nevyhovujících nálezů).

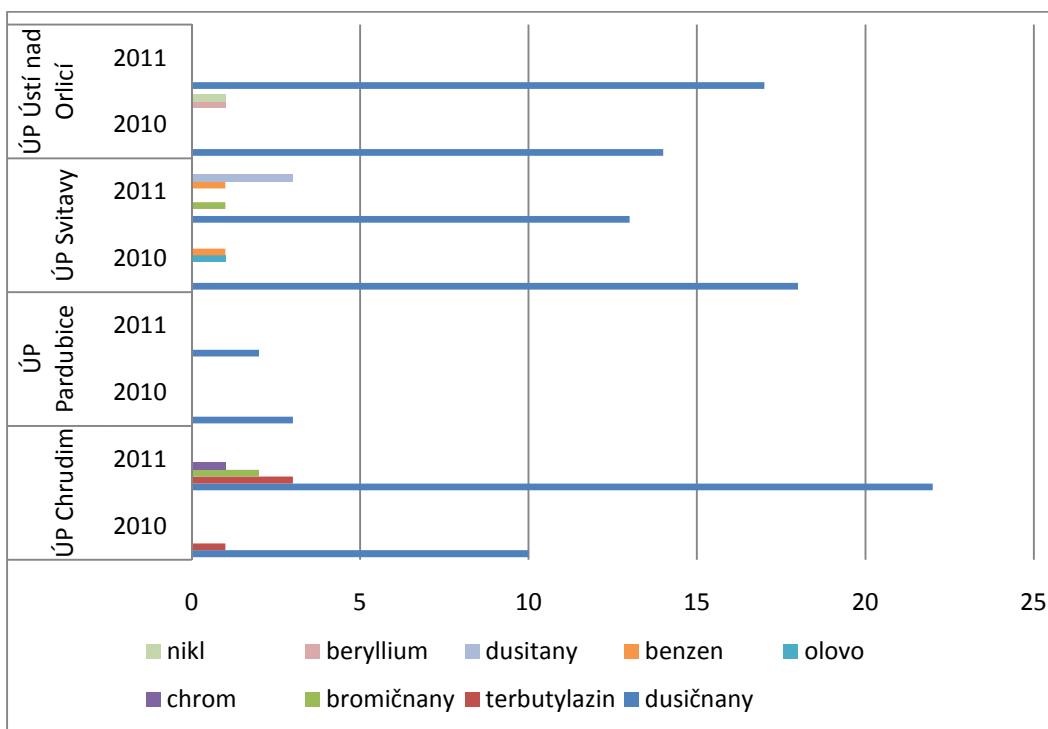


Chemický ukazatel jakosti pitné vody s MH je ve všech okresech Pardubického kraje nejčastěji překračován u ukazatele **železo**. Jednak může být běžnou součástí přírodních vod, ale jeho obsah v pitné vodě se může zvyšovat také korozí potrubí. Od koncentrace 0,30 mg/l může negativně ovlivňovat organoleptické (senzorické) kvality vody (hořká svíravá chuť, žlutá barva, rezavý sediment), barvit prádlo nebo vyvolávat zákal a železité bakterie mohou tvořit usazeniny v potrubí. Zdravotní riziko pod 1 mg/l není (6). Více je tento ukazatel překračován u vodovodů zásobujících do 5 tis. obyvatel. Obsah železa byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 2943 hodnot. Překročení MH (limit je 0,20 mg/l) bylo zjištěno v 208 nálezech (v roce 2010 v 121 nálezech a v roce 2011 v 87 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace se pohybovala okolo 0,05 mg/l.

U ukazatele **pH** se nejedná o překročení, naměřené hodnoty se většinou pohybují pod mezní hodnotou 6,5, většinou se to týká vodovodů zásobujících do 5 tis. obyvatel. Hodnota pH bývá snížena u měkké a málo mineralizované vody nebo u vody s vyšším obsahem CO₂. Nemá přímý vliv na zdraví. Je však důležitým provozním parametrem, protože ovlivňuje funkci mnoha procesů úpravy včetně dezinfekce.

Mangan má podobnou problematiku jako železo, vyskytují se společně. V nízkých koncentracích nepředstavuje riziko (6). K překročení za oba roky došlo ve 20 případech v okrese Chrudim (př. vodovod obce Horní Bradlo, kde je zásobováno cca 500 obyvatel). Obsah manganu byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 1224 hodnot. Překročení MH (0,05 mg/l) bylo zjištěno v 34 nálezech (v roce 2010 v 16 nálezech a v roce 2011 v 18 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace se pohybovala okolo 0,01 mg/l.

Graf 7 - Chemické a fyzikální ukazatele jakosti pitné vody s NMH Pardubický kraj. Rok 2010, 2011 (počet nevyhovujících nálezů).

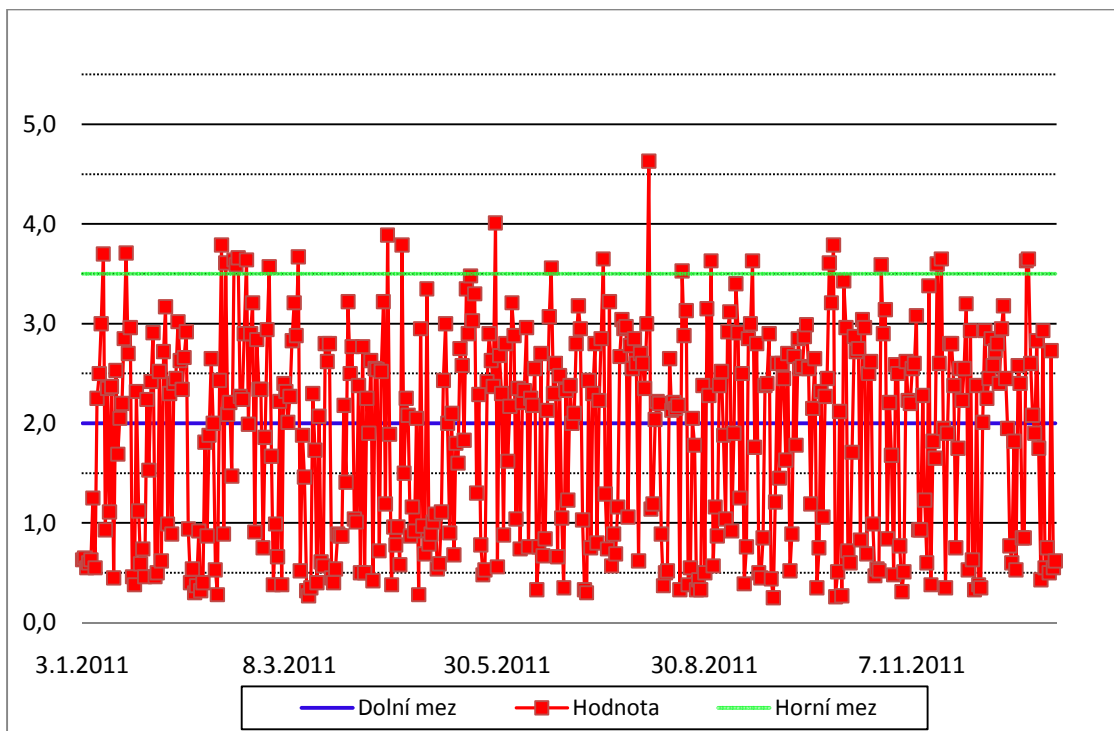


V údajích z grafu jednoznačně dominuje překročení NMH ukazatele **dusičnany**. V roce 2010 s max. naměřenou hodnotou 80 mg/l (Hluboká u Skutče, okres Chrudim) a v roce 2011 s max. naměřenou hodnotou 93 mg/l (vodovod obce Zderaz, okres Chrudim). Při použití 90% kvantilu byly získány hodnoty 45,5 mg/l za oba roky. Obsah dusičnanů byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 2837 hodnot. Překročení NMH (limit je 50 mg/l) bylo zjištěno v 99 nálezech (v roce 2010 v 45 nálezech a v roce 2011 v 54 nálezech). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace se pohybovala okolo 22,7 mg/l.

Bromičnany nejčastěji vznikají jako vedlejší produkt ozonizace, pokud jsou ve vodě přítomny bromidové ionty. Přítomny jsou i v chlornanu sodném jako nežádoucí příměs. Vzácně se nacházejí v odpadních vodách z textilního průmyslu (6). Obsah bromičnanů byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 482 hodnot. K překročení NMH (limit je 10 µg/l) došlo pouze v roce 2011 a to ve dvou případech v okrese Chrudim (př. vodovod obce Hlinsko v Čechách, kde je zásobováno cca 18 212 obyvatel a Chrudim – skupinový vodovod, kde je zásobováno 37 943 obyvatel). V okrese Svitavy to bylo pouze v jednom případě (vodovod Nové Hrady – Proseč, kde je zásobováno 2 906 obyvatel). Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace se pohybovala okolo 2,5 µg/l.

Terbutylazin je jeden z ukazatelů škály pesticidních látek (triazinový herbicid), který do určité míry nahradil v komerčních přípravcích atrazin. Obsah terbutylazinu byl stanoven v roce 2010 a 2011 ve 208 oblastech, získáno bylo 157 hodnot. K překročení NMH (limit je 0,05 µg/l) v roce 2010 došlo v jednom případě, naměřená hodnota 0,103 µg/l (vodovod obce Seč, okres Chrudim) a v roce 2011 došlo k překročení ve třech případech opět v okrese Chrudim (Chrudim – skupinový vodovod a vodovod Seč). Max. naměřená hodnota byla 0,29 µg/l. Nalezená střední hodnota (medián) koncentrace se pohybovala okolo 0,02 µg/l.

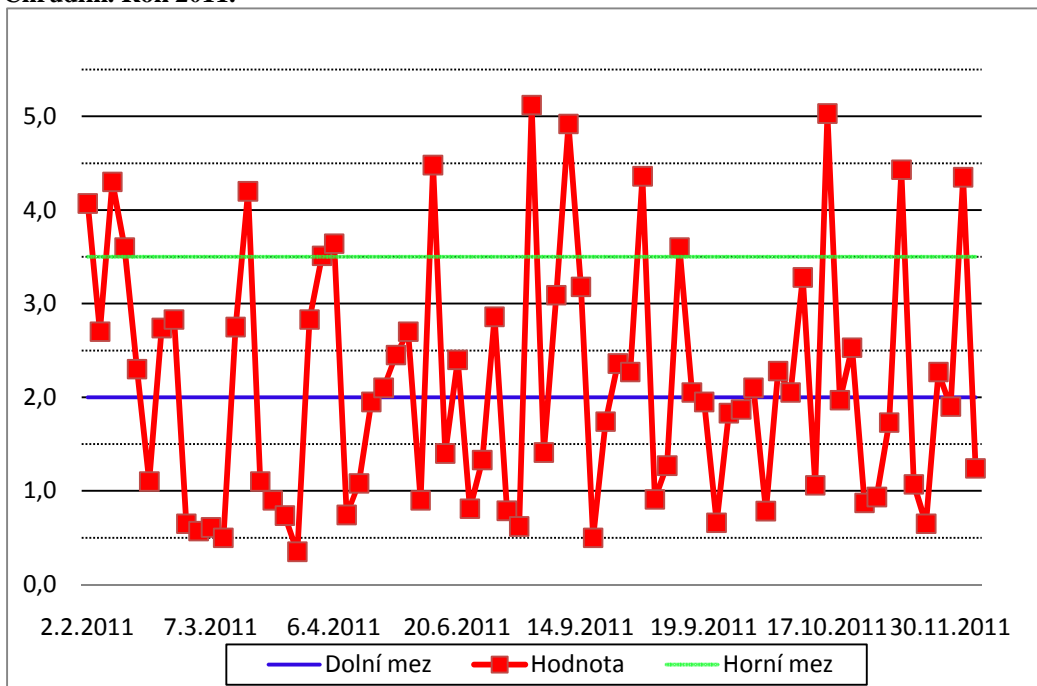
Graf 8 - Průběh hodnoty vápník a hořčík (v mmol/l) s DH u odběrových míst v okrese Ústí nad Orlicí. Rok 2011.



[Zdroj: www.ksrzis.cz]

Naměřené hodnoty za rok 2011 se v okrese Ústí nad Orlicí pohybují u ukazatele hořčík v rozmezí 0,73 – 32,5 mg/l (střední hodnotou 4,83 mg/l), u ukazatele vápník 7,8 – 137 mg/l (se střední naměřenou hodnotou 60,10 mg/l) a celkovou tvrdostí 0,25 – 4,63 mmol/l (medián je 1,86 mmol/l).

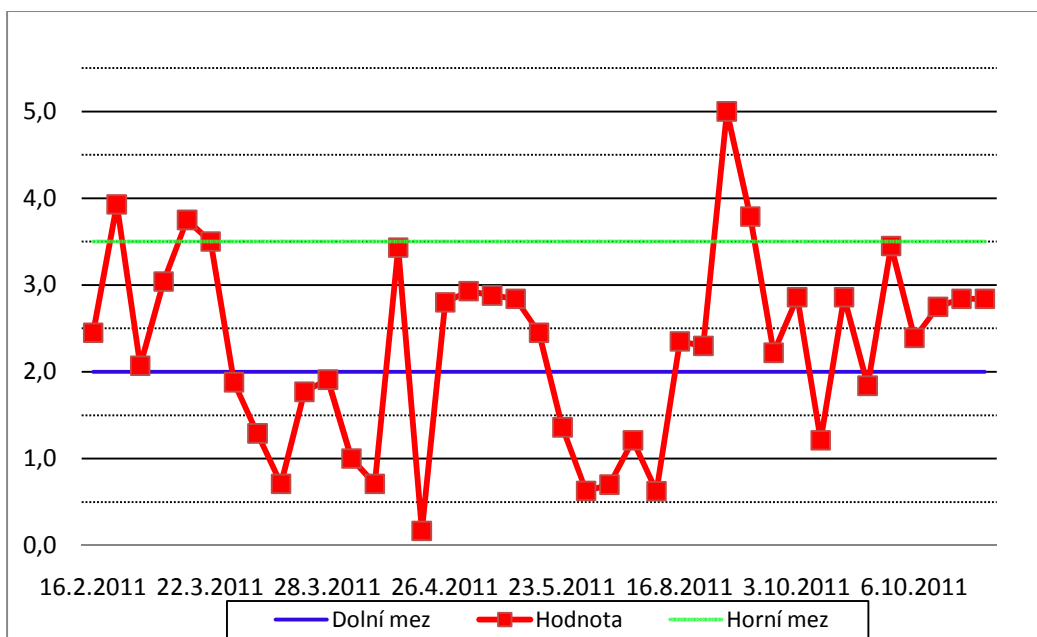
Graf 9 - Průběh hodnoty vápník a hořčík (v mmol/l) s DH u odběrových míst v okrese Chrudim. Rok 2011.



[Zdroj: www.ksrzis.cz]

Hodnoty, které byly naměřeny za rok 2011 se v okrese Chrudim pohybují u ukazatele hořčík v rozmezí 1,72 – 30 mg/l (s střední hodnotou 10,31 mg/l), u ukazatele vápník 5,9 – 185 mg/l (se střední naměřenou hodnotou 65,82 mg/l) a celkovou tvrdostí 0,35 – 5,12 mmol/l (medián je 2,14 mmol/l).

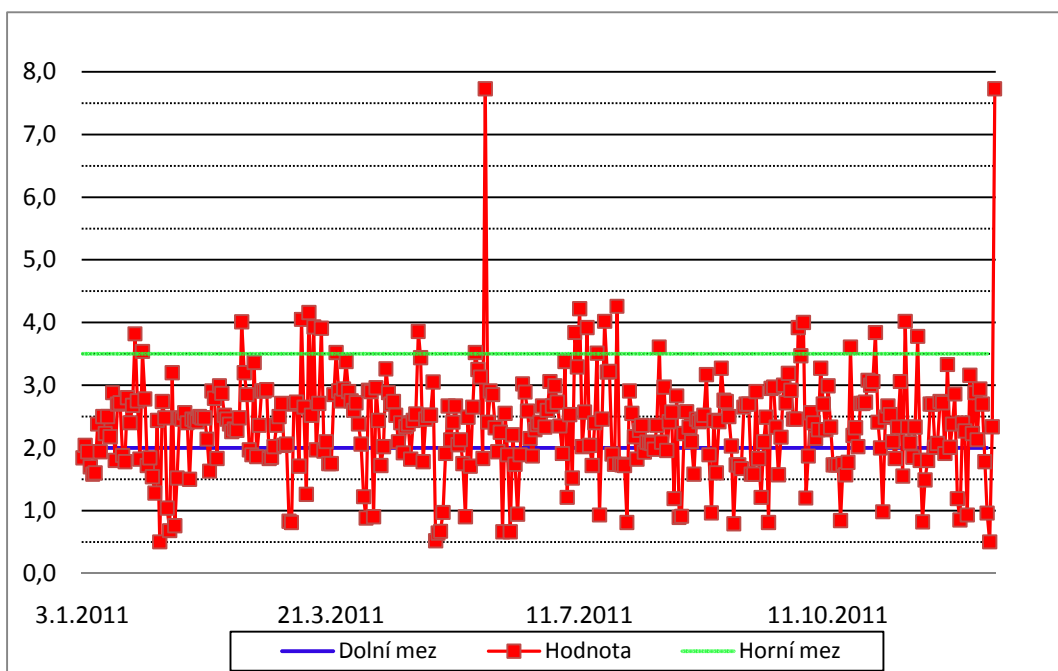
Graf 10 - Průběh hodnoty vápník a hořčík (v mmol/l) s DH u odběrových míst v okrese Pardubice. Rok 2011.



[Zdroj: www.ksrzis.cz]

Naměřené hodnoty za rok 2011 se v okrese Pardubice pohybují u ukazatele hořčík v rozmezí 1,3 – 18,6 mg/l (se střední hodnotou 7,31 mg/l), u ukazatele vápník 3,53 – 169,7 mg/l (se střední naměřenou hodnotou 79,11 mg/l) a celkovou tvrdostí 0,168 – 5 mmol/l (medián je 2,28 mmol/l).

Graf 11 - Průběh hodnoty vápník a hořčík (v mmol/l) s DH u odběrových míst v okrese Svitavy. Rok 2011.



[Zdroj: www.ksrzis.cz]

Hodnoty, které byly naměřeny za rok 2011 v okrese Svitavy se pohybují u ukazatele hořčík v rozmezí 0,81 – 28,5 mg/l (se střední hodnotou 4,75 mg/l), u ukazatele vápník 16,6 – 158 mg/l (se střední naměřenou hodnotou 82,43 mg/l) a celkovou tvrdostí 0,5 – 7,73 mmol/l (medián je 2,34 mmol/l).

3.3.2 Vliv pitné vody na zdraví

Od 18. – 19. století, kdy díky rozvoji přírodních věd a pokrokům v chemii, mikrobiologii a epidemiologii mohli být poprvé identifikováni konkrétní původci „vodních nemocí“, se naše poznání vztahu kvality vody se vznikem určitých chorob mnohonásobně prohloubilo a rozšířilo a také v praktické oblasti zabezpečení nezávadné pitné vody bylo během 21. století dosaženo neuvěřitelného pokroku. Tento pokrok se však netýká rovnoměrně celého světa. Podle zprávy Světové zdravotnické organizace z roku 2004 žije na naší planetě na počátku 21. století stále ještě 1,2 miliardy lidí, kteří nemají přístup k nezávadné

pitné vodě – a mikrobiologicky znečištěná voda má za následek několik tisíc úmrtí denně. Především jde o problém rozvojové části světa, ale ušetřena není ani Evropa. Také v ČR a dalších vyspělých zemích je každý rok zaznamenána řada epidemií z pitné vody, naštěstí jen vyjímečně končící úmrtím (6).

Původci nemocí mohou být u pitné vody povahy biologické, chemické nebo radiologické. Dále je uveden přehled hlavních zástupců ze všech uvedených oblastí.

Biologické příčiny nemocí z pitné vody – *Vibrio cholerae*, *Salmonella enterica typhi*, *Shigella dysenteriae*, *Escherichia coli*,... (viz příloha 1 a 2).

Chemické příčiny nemocí z pitné vody – dusičnany a dusitany, olovo, měď, arsen, pesticidy,... (6)

Příklady z praxe z Pardubického kraje:

Epidemiologický výskyt akutní gastroenteritidy v zařízení Hotel Otakar, Hamry nad Křetínkou (okres Svitavy)

Dne 13.08.2003 nahlásil vedoucí rekreačního zařízení hromadný výskyt zažívacích potíží u rekreatantů. Od 12.08.2003 do 13.08.2003 došlo k epidemii akutní gastroenteritidy u 55 rekreatantů (38 dětí, 17 dospělých), tč. v hotelu Otakar, Hamry 40. Pobyt organizovali DM, Mutěnická 23, Brno od 09.08. do 16.08.2003 a DM Rosice – skupina Tábor matky s dětmi od 09.08. 2003 do 20.08.2003 a Tábor v pohybu od 10.08.2003 do 20.08.2003. V hotelovém zařízení Helas tour s.r.o., Hotel Hamry a přilehlých chatkách bylo ubytováno 109 osob ve věku od 1 roku do 44 let, z toho 73 dětí. Středně těžký průběh onemocnění s opakovaným zvracením a průjmy, většinou bez teplot, s trváním do 48 hodin, ojediněle i déle. Onemocněli pouze rekreatanti. Jako předpokládaný původce se jevil *E. coli*. Zdrojem nákazy byla pitná voda z vlastního zdroje (vehikulem vzhledem k časovým souvislostem a klinickému obrazu a nálezů masivního překročení limitů pitné vody v ukazateli *E. coli* a koliformní bakterie). Kontaminace byla způsobena nasáváním vody z blízkého potoka do vlastního zdroje při vysoké spotřebě vody za plného obsazení hotelu.

Akutní průjmové onemocnění v akciové společnosti Poličské strojírny, Polička (okres Svitavy)

V lednu 1997 onemocnělo akutním průjmovým onemocněním 560 zaměstnanců a strážníků místní kuchyně ve velkém strojírenském závodě v Poličce. V závodě byl dvojitý rozvod vody – pitné z městského vodovodu a technologické, kterým byla rozváděna neupravovaná voda z blízkého povrchového zdroje, kam ústily odpadní vody ze závodu. Nedbalostí při opravě došlo k propojení obou rozvodů a vniknutí technologické vody do rozvodu pitné vody, která tím byla závažně mikrobiálně znečištěna.

4 Kvalita pitné vody v Pardubickém kraji v rámci projektu „Zdraví 21“

Jedná se o jeden z determinantů lidského zdraví uvedený v „cíli 10: Zdravé a bezpečné životní prostředí“ dlouhodobého programu zlepšování zdravotního stavu obyvatelstva ČR - Zdraví pro všechny v 21. století (do roku 2015 zajistit bezpečnější životní prostředí, v němž výskyt zdraví nebezpečných látek nebude přesahovat mezinárodně schválené normy).

Cíle programu jsou ze strany MZ a dalších organizací v rámci rezortu naplňovány aktivitami v oblasti ochrany a podpory zdraví obyvatelstva - výkonem státního zdravotního dozoru nad dodržováním zdravých životních a pracovních podmínek, podporou zdravého životního stylu a prevencí infekčních a neinfekčních onemocnění včetně prevence úrazů.

Jakost pitné vody ve veřejných vodovodech v Pardubickém kraji od roku 2006 v naprosté většině případů splňuje hygienické požadavky a nepředstavuje zdravotní riziko pro obyvatele. Přesto se ještě vyskytují lokální problémy, které představují potenciální zdravotní riziko. Jde hlavně o znečištění podzemních vod chlorovanými uhlovodíky, pesticidy, zvýšený obsah dusičnanů a zranitelnost některých malých zdrojů vůči mikrobiologické kontaminaci (7).

U povrchových vodárenských zdrojů je potenciálním zdrojem rizika především eutrofizace vodní nádrže Seč, která ovšem představuje především riziko toxických a alergických reakcí při koupání. Kontaminace chlorovanými uhlovodíky (trichlorethylen, tetrachlorethylen) jako důsledek staré zátěže z průmyslových podniků a nepovolené likvidace odpadů v minulosti postihla významnou vodárenskou oblast Kyšperskou synklinálu na okrese Ústí nad Orlicí, lokalitu Bor u Skutče, severovýchodní část Hlinska a rozsáhlé území severně od Chrudimě na okrese Chrudim a část podzemních vod v lokalitě Svitav. Důsledkem byla nutnost odstavení řady vodních zdrojů a nutnost úpravy vody stripovacími kolonami (vodovod Letohrad) (7).

Pesticidy, konkrétně atrazinem, byly v minulosti kontaminovány zdroje skupinového vodovodu Choceň zásobujícího cca 9 380 obyvatel. Pro tento vodovod byl na dobu tří let KHS určen mírnější limit pro atrazin do max. koncentrace 0,3 µg/l. V roce 2005 zde byl vybudován a zprovozněn nový vrt,

z něhož je voda míchána s vodou ze stávajících zdrojů a ve směsné vodě již k překročení NMH atrazinu nedochází. Dalšími využívanými vodovody, u kterých byla zjištěna nadlimitní kontaminace atrazinem a desethylatrazinem jsou skupinový vodovod Heřmanův Městec zásobující 12 063 obyvatel a vodovod obce Malíkov s 84 obyvateli na okrese Svitavy. Pro oba vodovody byl v roce 2007 KHS určen mírnější limit a bylo nezbytné hledat jiný způsob zásobování pitnou vodou. V roce 2008 bylo čerpání vody z vodních zdrojů u Heřmanova Městce omezeno a téměř celá oblast byla připojena ke skupinovému vodovodu Chrudim. Vodovod obce Malíkov byl na konci roku 2009 napojen na skupinový vodovod Moravská Třebová, stavba spočívala ve vybudování nové čerpací stanice v obci Rozstání a výtlačného řadu do spotřebiště Malíkov. V dodávané vodě již k překročení NMH atrazinu a dezethylatrazinu nedochází. Jednou z příčin těchto havarijních situací je nedostatečná ochrana vodních zdrojů před bodovým i plošným znečištěním a prakticky nefunkčnost systému ochranných pásem vodních zdrojů, kterými v důsledku finanční a administrativní náročnosti stanovení a vyhlášení není v současné době chráněna ani řada významných využívaných zdrojů pitné vody (7).

Důsledkem tohoto stavu je i setrvávající situace v překračování limitu obsahu dusičnanů u některých zdrojů pitné vody. Z hlediska počtu zásobovaných obyvatel byla nejzávažnější situace u skupinového vodovodu Svitavy, zásobujícího 20 000 obyvatel, kde byl obsah dusičnanů zhruba na limitní hodnotě 50 mg/l. Tato situace se od roku 2007 vyřešila novými posilujícími zdroji, v posledních třech letech koncentrace dusičnanů kolísá, ale je pod limitní hodnotou, pohybuje se v průměru okolo 25 mg/l (minimálně 2,1 mg/l a maximálně 45 mg/l) (7).

Výjimka z hygienických požadavků na jakost vody pro zvýšený obsah dusičnanů se v minulých letech týkala hlavně vodovodů Voděrady, Koldín a Džbánov na okrese Ústí nad Orlicí. Situace byla v roce 2005 vyřešena u vodovodu Voděrady a v roce 2006 ve Džbánově přepojením na skupinový vodovod Jehnědí s vyhovující kvalitou vody. V obci Koldín byla situace vyřešena instalací úpravny vody - část odebírané surové vody je upravována reverzní osmózou. V roce 2009 byla pro zvýšený obsah dusičnanů udělena výjimka pro komerčně využívanou

studnu v obci Sádek u Poličky zásobující kiosek Bylinářství – kořenářství Jukl a u vodovodu Stašov došlo k prodloužení platnosti výjimky zásobující stejnojmennou obec s cca 291 obyvateli na okrese Svitavy. V obci Stašov byla v roce 2012 situace vyřešena instalací úpravny vody - část odebírané surové vody je upravována pomocí dvojitého denitrifikačního filtru s iontoměničovou náplní. V roce 2008 byla pro zvýšený obsah dusičnanů udělena výjimka vodovodu Zderaz a Perálec zásobující stejnojmenné obce s cca 550 obyvateli na okrese Chrudim. Vodovod Licibořice, zásobující cca 220 obyvatel na okrese Chrudim vykazuje zvýšený obsah uranu. Zdravotním rizikem zde není radioaktivita, nýbrž chemická toxicita, konkrétně nefrotoxicita tohoto prvku. Počátkem roku 2010 byl zpřísněn limit obsahu uranu na 15 µg/l. Zatím je tento zpřísněný limit dle rozborů těsně dodržován. V okrese Ústí nad Orlicí se objevil problém s nadlimitním obsahem arsenu ve vodovodu Pastviny II a ve zdroji vody pro komerční účely v Klášterci nad Orlicí. Pro oba zdroje byla v roce 2008 udělena výjimka (s platností duben a květen 2011). U několika vodovodů, dochází k druhotnému zaželezování starých potrubních systémů (Skrovnice, Kunvald, Sázava, Žichlínek, Jedlová, Vysoké Chvojno a zdroj skupinového vodovodu v Lázních Bohdanči), které vede ke značným organoleptickým závadám (barva a zákal) a bylo nezbytné přistoupit k aplikování polyfosforečnanů do potrubí před distribucí vody. Pro odstranění organoleptických závad se tento způsob úpravy osvědčil. Nicméně se jedná o postup, který nelze považovat v případě pitné vody za vhodné a zcela bezrizikové řešení a hlavně konečné řešení. Po stránce mikrobiologických ukazatelů došlo v uplynulých letech u veřejných vodovodů k výraznému zlepšení a nálezy překročení mikrobiologických ukazatelů jsou spíše výjimečné. Častější jsou tyto nálezy u komerčních studní, zásobujících ubytovací a stravovací zařízení v rekreačních oblastech. Potenciální epidemiologické riziko, případně i riziko toxických účinků zejména dusičnanů a pesticidů, je třeba předpokládat též u části obyvatel, využívajících své vlastní studny nebo malé vodovody s kapacitou do 50 obyvatel, které si sami provozují a které nepodléhají státnímu zdravotnímu dozoru. V Pardubickém kraji je takto zásobováno 8,2 % obyvatel, což je okolo 41 500 lidí (7).

Mezi nejnebezpečnější látky, především pro vyvíjející se dětský organismus, patří olovo a to prakticky v jakémkoliv množství. Podle odhadů je v ČR dosud stále asi 5 – 10 % domů s vnitřním rozvodem z olověných trubek, kde lze předpokládat zvýšený přísun olova pitnou vodou. MMR proto od roku 2004 realizuje v rámci implementačního plánu směrnice 98/83/ES program finančních dotací „Podpůrný program na odstranění olověných rozvodů pitné vody v nemovitostech (stavbách pro bydlení)“, měl by trvat do roku 2013. Vzhledem k nízké propagaci programu však o této možnosti dotace a metodice ověřování obsahu olova v pitné vodě není většina majitelů domů informována. Dotace proto není čerpána a v Pardubickém kraji byla v období 2004 – 2007 využita pouze u jednoho domu. Přitom lze předpokládat, že zpřísněnému limitu obsahu olova v pitné vodě 10 µg/l, který bude platit po roce 2013, voda v domech s olověným rozvodem nevyhoví. Zvýšení informovanosti majitelů obytných domů o tomto dotačním programu proto bylo označeno za jednu z priorit informačních aktivit KÚ a KHS v rámci programu Zdraví 21. KHS zpracovala informaci o zdravotním riziku olova z pitné vody, která byla prostřednictvím KÚ zaslána spolu s informací o dotačním programu všem obcím v Pardubickém kraji. Počet žadatelů o dotaci z Pa kraje se tím sice zvýšil na 6, ale je to stále velmi málo (7).

5 Zdravotní prospěšnost a rizika vybraných ukazatelů

5.1 Dusičnany

5.1.1 Použití, chování a výskyt ve vodě

Dusičnany jsou používány jako anorganické hnojivo a jsou konečným produktem přirozeného procesu mineralizace organických látek. Využívají se i jako aditivní látka při nakládání masa a při výrobě sýrů. Vyskytují se téměř ve všech vodách a patří zde mezi hlavní anionty. Mají malou sorpční schopnost, snadno pronikají půdou a kontaminují podzemní vody. Za určitých podmínek mohou podléhat biochemické i chemické redukci – denitrifikaci. Jejich obsah v podzemních vodách vykazuje značné rozdíly vlivem zemědělského obdělávání půdy, klimatického a půdního charakteru oblasti i v závislosti na vegetačním období.

Rozkladem dusíkatých organických látek vzniká amonný iont, který je bakteriemi oxidován na dusitany, které dále v oxidačním prostředí přecházejí na dusičnany. Část dusičnanů je využita rostlinami jako zdroj dusíku a zbytek může být vzhledem k jejich vysoké rozpustnosti a malé sorpci vyluhován do spodních vod. Vyskytují se téměř ve všech vodách a patří zde mezi hlavní anionty. Za určitých podmínek mohou podléhat biochemické i chemické redukci – denitrifikaci. Jejich obsah v podzemních vodách vykazuje značné rozdíly vlivem zemědělského obdělávání půdy, klimatického a půdního charakteru oblasti i v závislosti na vegetačním období.

Ve srážkové vodě v průmyslových oblastech byly zjištěny koncentrace dusičnanů až do 5 mg/l, ve venkovských oblastech o něco nižší. V povrchových vodách je obsah dusičnanů normálně nízký (0-18 mg/l), avšak může dosáhnout vysokých hodnot vlivem výtoků drenáží, vyluhů ze skládek, nebo kontaminace odpadními vodami (8).

V pitné vodě veřejných vodovodů zásobujících do 5000 a nad 5000 osob byl v Pardubickém kraji podle IS PiVo v letech 2010 - 2011 průměrný obsah dusičnanů 17,72 mg/l s maximem 93 mg/l. Obsah dusičnanů je nejčastějším důvodem žádostí o dočasné určení mírnějšího hygienického limitu.

Při obsahu dusičnanů v pitné vodě do 10 mg/l je hlavním zdrojem jejich příjmu u člověka zelenina. Pitná voda se stává hlavním zdrojem celkového příjmu dusičnanů při koncentraci nad 50 mg/l. V ČR představoval v roce 2010 podle výsledků Monitoringu

HS⁴ příspěvek příjmu dusičnanů z pitné vody u obyvatel zásobovaných z veřejných vodovodů cca 6,1 % ADI, přičemž cca 25,3 % obyvatel čerpalo více než 10 % ADI⁵ (ADI dusičnanů, stanovené komisí JECFA FAO/WHO, je 3,7 mg/kg/den) (9).

5.1.2 Příjem a chování v organismu

Dusičnany jsou po požití rychle a téměř kompletně vstřebány v horní části tenkého střeva. Jsou rychle distribuovány v organismu. Přibližně 25 % požitých dusičnanů je vyloučeno do slin, kde jsou z části (cca 20 %) redukovány ústní mikroflórou na dusitany. Polknutím slin se tyto dusičnany i dusitany opět dostávají do žaludku. Bakteriální redukce dusičnanů na dusitany může nastávat i v jiných částech zažívacího traktu kromě žaludku, kde k ní dochází jen při snížené kyselosti.

U dospělých osob se předpokládá, že konverzi na dusitany může za normálních podmínek podléhat cca 5 % dusičnanů přijatých potravou. Dusitany se v krvi podílejí na oxidaci hemoglobinu (dále Hb) v červených krvinkách na methemoglobin (dále metHb), který se v důsledku silné vazby kyslíku neúčastní na jeho přenosu z plic do tkání. Tento stav, zvaný methemoglobinémie, pak vede k příznakům hypoxie, tedy nedostatku kyslíku v organismu. Dusitany též mohou reagovat v žaludku s některými látkami z potravy, jako jsou sekundární a terciární aminy na tzv. N-nitrososloučeniny, které vykazují v experimentech u zvířat karcinogenitu a mají specifické toxické účinky.

Hlavní část požitých dusičnanů je nakonec vyloučena močí ve formě dusičnanů, amoniaku nebo močoviny. Dusičnany však v lidském organismu vznikají i v rámci normálních metabolických přeměn. Tato endogenní tvorba dusičnanů je významně zvýšena při infekcích a zánětlivých reakcích zažívacího traktu. Otázka, do jaké míry tento metabolický děj souvisí s rizikem tvorby N-nitrososloučenin zůstává otevřená (10).

Celkový dietární příjem dusičnanů a dusitanů se dle dostupných studií v průměru pohybuje pod hodnotami ADI. U některých konzumentů v horních percentilech rozmezí však již hodnoty ADI obou látek překračuje (11).

⁴ **Monitoring hygienické služby** - Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí, prováděný Státním zdravotním ústavem v Praze a pracovišti hygienické služby v ČR od roku 1994. Subystém 2 se zabývá zdravotními důsledky a riziky znečištění pitné vody, subsystém 4 se zabývá zátěží lidského organismu cizorodými látkami z potravinových řetězců.

⁵ **ADI** – acceptable daily intake (přípustný denní příjem), pokud je uveden v % - jedná se o podíl z ADI v procentech přijímaný pitnou vodou.

5.1.3 Toxicita

Dusičnany samy o sobě vykazují nízkou toxicitu. Ze zdravotního hlediska mají tedy význam jako zdroj dusitanových iontů v organismu, které jsou podstatně toxičtější. Jak dusičnanový, tak zejména dusitanový iont, se může uplatnit v řadě reakcí redukčního i oxidačního charakteru a jejich účinek na buněčné a molekulární úrovni dosud není zcela jasný.

U zvířat dusičnany vykazují strumigenní účinek⁶. V souvislosti s pozorovaným zpomalením růstu při dietárním příjmu dusičnanů u potkanů byla prokázána inhibice růstového faktoru. Karcinogenní účinek dusičnanů u zvířat prokázán nebyl.

Toxické účinky dusičnanů u člověka jsou dány hlavně jejich redukcí na dusitany a následnou tvorbou metHb. Koncentrace metHb, kterou by již bylo třeba považovat za nepříznivý zdravotní účinek, nebyla definitivně stanovena. Byly též popsány biochemické změny, které se projevují jako časný účinek ještě před vnikem methemoglobinémie.

Klinická manifestace sníženého transportu kyslíku v organismu se většinou objevuje při koncentraci metHb mezi 5 – 10%. Projevuje se nejprve namodralým zbarvením kůže a rtů, při obsahu metHb nad 25% se projevuje slabost, zrychlený puls a dýchání, při 50-60% metHb již může dojít k úmrtí. Normální koncentrace metHb je do 2%, u kojenců do 3 měsíců věku do 3% (10).

Nejcitlivější částí populace jsou právě kojenci do 3 měsíců věku, kteří jsou ohroženi při přípravě kojenecké stravy z vody s obsahem dusičnanů. Příčin vyšší citlivosti je u nich zřejmě několik. Jednou z nich je vyšší podíl fetálního Hb, který je snadněji oxidován na metHb a deficit enzymu metHb-reduktázy, která zpětně redukuje metHb na Hb. Další příčinou může být vyšší pH v žaludku, umožňující bakteriální osídlení a redukcí dusičnanů na dusitany.

Tvorba dusitanů a tím i riziko methemoglobinémie je zvýšené při infekcích zažívacího traktu, které jsou u dětí častější. V poměru k tělesné hmotnosti také přijímají vyšší objem tekutin, nežli starší děti a dospělí.

Další více citlivou skupinou populace k tvorbě metHb jsou těhotné ženy a lidé s deficitem glukoso-6-fosfát dehydrogenázy nebo metHb-reduktázy a lidé se sníženou žaludeční kyselostí (achlorhydrie, atrofická gastritis) (10).

⁶ Vyvolání zvětšení štítné žlázy následkem sníženého využití jódu.

U dospělých osob byly případy methemoglobinémie popsány po požití vysokých dávek dusičnanů omylem nebo k léčebným účelům, často se jednalo o osoby se sníženou žaludeční kyselostí. Toxická dávka dusičnanů činila 33 až 150 mg/kg tělesné hmotnosti.

U dětí nad 3 měsíců věku je případů methemoglobinémie hlášeno málo, ve studii u dětí konzumujících vodu s obsahem dusičnanů 100 - 500 mg/l nebyl nalezen rozdíl v hladině metHb ve srovnání s dětmi s vodou do 44 mg/l. Ve studiích u kojenců zahrnujících i případy subklinicky zvýšené methemoglobinémie byl obvykle nalezen významný vztah ke koncentraci dusičnanů v pitné vodě od úrovně 44,3 - 88,6 mg/l a vyšší a téměř výhradně do 3 měsíců věku (10).

V současné době je v patogenesi methemoglobinémie přisuzován stále větší význam současně probíhající gastrointestinální infekci, která zvyšuje endogenní produkci dusičnanů, bakteriální redukci dusičnanů na dusitany a v rámci kompenzace dehydratace může zvyšovat příjem vody. Nasvědčuje tomu fakt, že většina případů onemocnění methemoglobinémie byla popsána po používání vody ze soukromých a často bakteriologicky kontaminovaných studní. Popsány byly i případy methemoglobinémie, u kterých zřejmě byla jediným vyvolávajícím činitelem zvýšená endogenní tvorba dusičnanů (a následně dusitanů) v důsledku infekce (10).

V epidemiologických studiích byl i u člověka potvrzen strumigenní efekt dusičnanů, které kompetitivní inhibicí s jódem snižují jeho příjem. Při dostatečném příjmu jódu je tento účinek slabý až žádný. Významnější je při současném deficitu jódu. Působení dusičnanů je přitom výraznější při jejich příjmu pitnou vodou, nežli potravou. Mezi koncentrací dusičnanů v pitné vodě a zvětšeným objemem štítné žlázy nebo zvýšeným výskytem strumy byl v některých studiích nalezen kvantitativní vztah (12).

V několika epidemiologických studiích byl popsán možný vztah mezi koncentrací dusičnanů v pitné vodě a incidencí diabetes mellitus 1. typu⁷ u dětí. Jako možný mechanismus tohoto účinku bylo zvažováno toxické působení N-nitrososloučenin na buňky slinivky, produkující insulin. Poslední studie však tento vztah na statisticky významné úrovni nenalezly (12; 13).

Studován byl u lidí i účinek dusitanů na kůru nadledvin, prokázaný u zvířat. Studie ukazují, že dusitany ve vyšší dávce snižují produkci nadledvinových steroidních hormonů, mechanismus tohoto účinku se předpokládá působením vznikajícího NO.

⁷Onemocnění cukrovkou v důsledku destrukce β -buněk Langerhansových ostrůvku slinivky a úplného deficitu tvorby insulinu.

Neuzavřená je zatím otázka možné vývojové a reprodukční toxicity. Experimenty u zvířat s dusitany prokazují účinky většinou až při vysoké expozici, vyvolávající methemoglobinémii u matek. Některé epidemiologické studie naznačily souvislost mezi příjmem dusičnanů pitnou vodou u matek a účinky na reprodukci (spontánní potraty, zpomalení nitroděložního růstu plodu, vývojové vady) (12). Podle názoru WHO však váha existujících důkazů v celkovém souhrnu tuto teorii nepodporuje (13).

Dusičnany mají v lidském organismu i pozitivní roli v antibakteriální ochraně zažívacího traktu a existují teorie o ochranném účinku oxidu dusnatého v prevenci trombotických kardiovaskulárních komplikací. Nelze tedy vyloučit, že příjem dusičnanů potravou a pitnou vodou může mít i některé účinky ochranné a pozitivní, avšak jejich endogenní produkce je pravděpodobně dostatečným zdrojem.

5.1.4 Doporučený limit WHO⁸

Pro akutní účinek methemoglobinémie u dětí bylo podle WHO potvrzeno, že existující doporučená limitní koncentrace dusičnanů v pitné vodě ve výši 50 mg/l vyjádřená jako dusičnanový iont, zajišťuje dostatečnou ochranu při vyhovující mikrobiologické kvalitě vody, na jejíž zabezpečení se dnes v souvislosti s rizikem methemoglobinémie klade vyšší důraz.

U dusitanů je pro prevenci methemoglobinémie u kojenců při krátkodobé expozici doporučena koncentrace 3 mg/l. Ta je odvozena z nejnižší dávky 0,4 mg/kg, při které se vyskytla methemoglobinémie u kojenců, přičemž se uvažuje tělesná hmotnost kojence 5 kg a spotřeba vody 0,75 l (13).

U chronické expozice navrhla JECFA ADI 0-3,7 mg/kg/den pro NO_3^- a pro NO_2^- ADI 0-0,07 mg/kg/den (FAO/WHO, 2002). Hodnota ADI pro dusičnany vychází z chronických studií na zvířatech, kdy bylo stanoveno NOEL 370 mg/kg/den (nejvyšší úroveň expozice, při které ještě není pozorována žádná odpověď na statisticky významné úrovni ve srovnání s kontrolní skupinou), vzhledem k mezidruhovým rozdílům mezi experimentálními zvířaty a člověkem není doporučeno tuto hodnotu použít k posuzování rizik pro člověka. Hodnota ADI pro dusitany vychází ze studií na zvířatech s použitím bezpečnostního faktoru 100, kdy byly pozorovány nepříznivé účinky na srdce a plíce. Tato hodnota je považována za prozatímní vzhledem k rozdílnému metabolismu experimentálních zvířat a člověka (14). Při předpokladu tělesné hmotnosti 60 kg, denním

⁸ WHO – World Health Organization (Světová zdravotnická organizace)

příjmu 2 l vody a příspěvku 10 % ADI z pitné vody pak vychází doporučená limitní koncentrace dusitanů v pitné vodě 0,2 mg/l. Avšak s ohledem na nejistotu ohledně platnosti pozorovaných účinků u zvířat i pro člověka je tato hodnota považována za provizorní (10).

WHO v Guidelines for Drinking-water quality z roku 2011 tuto prozatímní hodnotu již necituje (14).

Pro akutní účinky je doporučen limit pro dusičnany 50 mg/l (vyjádřeno jako NO_3^-) a pro dusitany 3 mg/l (vyjádřeno jako NO_2^-) na základě epidemiologických studií pro prevenci methemoglobinémie u kojenců. WHO uvádí, že pitná voda s koncentracemi dusičnanů nad 100 mg/l by neměla být používána pro přípravu kojenecké stravy. Může být používána pro kojence při úrovni koncentrací dusičnanů v pitné vodě mezi 50 mg/l – 100 mg/l v případě, že je zároveň mikrobiálně bezpečná. Vzhledem k možnosti souběžného výskytu dusičnanů a dusitanů v pitné vodě by suma podílů koncentrací dusičnanů a dusitanů (C) a doporučených limitů pro dusičnany a dusitany (GV) neměla být větší než 1 tj. $C_{\text{dusičnany}} / GV_{\text{dusičnany}} + C_{\text{dusitany}} / GV_{\text{dusitany}} = 1$ (14).

5.1.5 Přijaté limity

Vyhláška MZ č.252/2004 Sb., v platném znění, kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody v příloze 1 stanoví pro dusičnany v souladu s doporučením WHO i Směrnicí Rady č.98/83/ES⁹ nejvyšší mezní hodnotu 50 mg/l. Pro dusitany je stanovena nejvyšší mezní hodnota 0,5 mg/l. Je zde též stanovena podmínka, aby součet poměrů obsahu dusičnanů děleného 50 a obsahu dusitanů děleného 3 byl menší nebo rovný 1. Součet poměrů odpovídá svým významem nejvyšší mezní hodnotě. Obsah dusitanů v pitné vodě na výstupu z úpravny musí být nižší než 0,1 mg/l.

5.1.6 Limity pro krátkodobý příjem

Pro krátkodobý příjem dusičnanů pitnou vodou uvádí US EPA únosnou koncentraci ze zdravotního hlediska též ve výši 45 mg/l s poznámkou, že tato hodnota je počítána pro dítě vážící 4 kg a poskytuje ochranu pro všechny věkové kategorie (15).

SZÚ Praha doporučuje pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů připustit u dospělých osob obsah dusičnanů až 130 mg/l (16).

⁹ Směrnice Rady č.98/83/ES - Směrnice Rady Evropského společenství z roku 1998 o jakosti vody určené pro lidskou spotřebu.

Autorizační návod AN 16/04 verze 3 z 20.9.2011 uvádí referenční hodnoty pro dusičnany pro akutní účinek $RfD0 = 7 \text{ mg/kg/den}$ (IRIS US EPA, 1991) doporučený pro prevenci methemoglobinémie u kojenců, pro chronický účinek hodnotu ADI $3,7 \text{ mg/kg/den}$ (WHO, 2003) a poukazuje se na citlivé populační skupiny kojence, malé děti a těhotné ženy (17).

5.2 Železo

5.2.1 Výskyt a chování železa ve vodě

Železo patří mezi běžné kovové prvky nalézající se v zemské kůře. Voda prosakující skrze půdu a horniny může rozpouštět minerály obsahující železo. Rozpouštění napomáhá přítomnost oxidu uhličitého a huminových látek, které vytvářejí s železem ve vodě rozpustné komplexy. Vedle tohoto přirozeného zdroje se železo může dostat do vody i korozí vodovodního potrubí nebo při úpravě vody koagulanty na bázi solí železa.

Pokud se železo nachází ve vodě s nízkým obsahem kyslíku (anoxické podmínky), jeho oxidační stupeň je II. Ve vodách obsahujících rozpuštěný kyslík je železo rychle oxidováno a z bezbarvých rozpuštěných forem vznikají bílé, žluté a nakonec červenohnědé částičky (především hydratovaný oxid železitý), které se usazují.

Částice, které nejsou dostatečně velké, aby mohli sedimentovat, zůstávají suspendované (koloidní železo) a voda má načervenalý odstín. Tím pak může docházet k červenohnědemu zabarvení prádla, porcelánu, nádobí, kuchyňského náčiní a dokonce i skleněného nádobí. Vznikající barevné skvrny nejdou odstranit ani mýdlem ani detergentem a použití bělení chlorem a alkalických sloučenin může tyto skvrny ještě zintenzívnit.

Sloučeniny železa a manganu přítomné ve vodě mohou vytvářet v potrubích, kohoutech, zásobnících a ohřívačích vody usazeniny. Jejich členitý povrch usnadňuje rozvoj biofilmu a mikrobiální oživení. Zmenšením profilu potrubí může docházet k poklesu dodávky vody a pro její dodržení musí být zvyšován tlak vody.

Železo může ovlivnit vedle barvy také chuť, případně pach vody. Chuťový práh železa v pitné vodě je značně závislý na subjektivním vnímání. Nejnižší postřehnutelná koncentrace u malé části populace začíná od $0,04 \text{ mg/l}$, asi 20 % lidí vnímá koncentraci železa $0,3 \text{ mg/l}$ (18).

Železo přítomné ve vodě reaguje s taninem nacházejícím se v kávě a čaji za vzniku černého zákalu, který negativně ovlivňuje chuť a vzhled nápoje.

Dodatečným problémem, který je spojen s vyšším obsahem železa ve vodě, je pomnožování železitých bakterií. Jedná se o nepatogenní bakterie, které získávají energii oxidací železnatých iontů za vzniku nerozpustných hydroxidů a vytvářejí červenohnědé povlaky slizu a zhoršují tak organoleptickou jakost vody.

V malých koncentracích je železo běžnou součástí vody. Vyšší koncentrace železa se nacházejí v kyselých vodách s vyšším obsahem komplexotvorných huminových látek. Popsané smyslové závady v jakosti vody se začínají objevovat při obsahu železa nad 0,3 mg/l, v kvalitní podzemní vodě však mohou být pro většinu spotřebitelů přijatelné i vyšší koncentrace železa.

V pitné vodě byl v ČR podle zprávy Monitoringu HS v roce 2010 průměrný obsah železa 0,081 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 5,7 mg/l (5).

V pitné vodě veřejných vodovodů byl v Pardubickém kraji podle dat z IS Pi-Vo v roce 2010 a 2011 průměrný obsah železa 0,0788 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 3,46 mg/l.

5.2.2 Příjem a chování v organismu

Železo je pro všechny živé organismy esenciálním prvkem, neboť je jako součást proteinů a enzymů nezbytné pro řadu životně důležitých funkcí. Jednou z hlavních funkcí železa je účast při transportu kyslíku. Téměř dvě třetiny železa v lidském těle jsou obsaženy v hemoglobinu v cirkulujících erythrocytech. Snadno mobilizovatelná zásoba zahrnuje dalších 25 %. Většina ze zbývajících 15 % železa je obsažena v myoglobinu vesvalech a řadě enzymů nezbytných pro metabolismus a různé buněčné funkce. Nedostatečná saturace železem je celosvětově nejrozšířenější výživovou poruchou. Jejím nejčastějším příznakem je anémie a snížení výkonnosti, byl prokázán i vztah k těhotenství a prenatálnímu i postnatálnímu vývoji dětí a imunitním funkcím (19).

Volné železo se jako katalyzátor významně podílí na reakcích vedoucích k oxidačnímu stresu. K minimalizaci tohoto efektu slouží v organismu vazební proteiny s vysokou afinitou. Vstřebávání železa z potravy ve střevě je za normálních podmínek přísně regulováno podle aktuální potřeby, neboť neexistuje mechanismus jeho vylučování z těla. S výjimkou pravidelných ztrát menstruací u žen se železo ztrácí jen minimálně v množství asi 1 mg/den převážně deskvamací buněk zažívacího traktu a kůže.

Zvýšená potřeba železa je v dětství a dospívání v rychlých obdobích růstu a v těhotenství. Doporučený denní nutriční příjem železa při biodostupnosti železa 15%, odpovídající západnímu typu stravy s vyšším podílem masa, je např. u dětí ve věku 1 – 3

roky 3,9 mg, u chlapců a dívek ve věku 11 – 14 let 9,7, resp. 9,3 mg, u mužů 9,1 mg, u žen 19,6 mg (po menopause 7,5 mg) (20).

Hlavní cestou příjmu železa je potrava. Podle výsledků Monitoringu HS byla v období 2008/2009 průměrná expoziční dávka železa z potravy u populace ČR 0,12 mg/kg/den. To představuje 56 % doporučeného denního přívodu železa podle Vyhlášky č. 225/2008 Sb.¹⁰ a 15,3 % PMTDI¹¹ stanoveného komisí JECFA FAO/WHO. Současný příjem železa tedy v ČR v průměru nedosahuje doporučenou úroveň a u osob se zvýšenou potřebou železa se může projevovat nedostatek tohoto prvku. U dětí ve věkové kategorii 4 až 6 let je odhadovaná expoziční dávka při stravování podle doporučené skladby potravy cca 0,46 mg/kg/den, u kojících žen asi 0,18 mg/kg/den (9).

K chronickému přetížení organismu železem dochází nejčastěji při vrozených poruchách regulace střevní absorpce, které vedou k nadměrnému příjmu železa (hemochromatóza). Dalšími příčinami přetížení organismu železem mohou být vysoké terapeutické dávky železa nebo zvýšený rozpad erytrocytů při některých hematologických poruchách a častých transfuzích krve.

5.2.3 Toxicita

Volné železo je velmi reaktivní a jeho nadbytek může vést k poškození tkání a orgánů. Při akutních vysokých dávkách je střevní regulace absorpce železa překonána a dochází k otravě železem. U malých dětí byly popsány akutní intoxikace železem po požití suplementačních tablet v dávce 20 až 60 mg/kg s příznaky od dráždění zažívacího traktu až po systémové toxické postižení řady orgánů.

Vedlejšími příznaky suplementace železem je často dráždění sliznice a narušení motility zažívacího traktu, vedoucí k zažívacím obtížím, jako je nevolnost, pálení žáhy, zvracení, průjem nebo naopak zácpa.

Vysoce specifickou rizikovou skupinou populace ve vztahu k toxickým účinkům železa jsou lidé postižení hemochromatózou, která je jednou z nejčastějších vrozených genetických chorob. Heterozygotní nosiči představují cca 13 % populace a homozygotní přibližně 0,3-0,5 % populace (u kterých se tato porucha může plně projevit). Je charakteristická zvýšeným stupněm vstřebávání železa ze střeva, které se ukládá

¹⁰ Vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin, ve znění vyhlášky č. 352/2009 Sb. uvádí v příloze č. 5 doporučenou denní dávku železa 14 mg/osobu (tj. asi 0,22 mg/kg t.hm./den).

¹¹ PMTDI – Provisional Maximum Tolerable Daily Intake (maximální tolerovatelný denní příjem). Vyjadřuje maximální tolerovatelnou úroveň expozice člověka jako důsledek přirozeného výskytu dané látky v potravě.

do parenchymatózních orgánů a dochází k jejich poškození. Typický je též zánět kloubů a zvýšená pigmentace kůže. Postižení se projevuje až kolem 40 – 60 roku života po mnohaletém strádání železa ve tkáních a jejich nezvratném poškození. Prvními příznaky bývá celková slabost, únava a bolesti břicha.

Vyšší výskyt biochemických indikátorů zvýšené zátěže železem indikují možnost zvýšeného rizika i u heterozygotů, avšak poruchy regulace příjmu železa a případy zdravotního postižení u nich popsány nejsou. Podle závěrů Evropského úřadu pro bezpečnost potravin (EFSA¹²) z roku 2004 je u všeobecné populace včetně heterozygotních nosičů hemochromatózy riziko nadměrné zátěže železem i při zvýšené expozici nízké (19).

Specifickým postižením, projevujícím se cirhózou jater a cukrovkou, je africká forma hemochromatózy (Bantu sideróza) v důsledku excesivního příjmu železa (50-100 mg/den) v domácím pivu kvašeném v železných nádobách, kde se však může projevat i chronický abusus alkoholu a genetické vlivy (19).

Na základě některých epidemiologických studií byly vysloveny hypotézy o souvislosti mezi zvýšeným příjmem a zásobami železa v organismu a rizikem kardiovaskulárních onemocnění a diabetu typu 2. Výsledky těchto studií však nejsou jednoznačné a neposkytují přesvědčivé důkazy o kauzálním vztahu (19). V roce 2008 byla publikována norská studie, ve které byl nalezen vztah mezi vyšší koncentrací železa v pitné vodě a rizikem zánětlivých střevních onemocnění včetně Crohnovy choroby. K vysvětlení možných mechanismů této asociace byly vyloveny dvě hypotézy, a sice katalyzující účinek železa v oxidačním stresu nebo stimulační účinek železa na množení a virulenci střevních bakterií s následným zvýšením pravděpodobnosti nepříznivých imunitních reakcí u geneticky predisponovaných jedinců (21).

V souvislosti s oxidačním poškozením existuje teorie o škodlivém účinku železa v procesu stárnutí a v etiologii aterosklerózy, Alzheimerovy choroby a mnoha dalších onemocněních pozdějšího věku (22).

5.2.4 Doporučený limit WHO

WHO nestanovila pro železo limitní koncentraci v pitné vodě, založenou na zdravotním riziku. Při použití prozatímní hodnoty maximálního tolerovatelného denního příjmu železa PMTDI v úrovni 0,8 mg/kg tělesné váhy a podílu 10 % tohoto příjmu z pitné

¹² EFSA – European Food Safety Authority

vody vychází dle WHO jako ještě bezpečná ze zdravotního hlediska koncentrace železa 2 mg/l. Při této koncentraci železa se většinou již projevují výše zmíněné nepříznivé vlivy na jakost pitné vody, i když v podzemní kvalitní vodě může být pro spotřebitele přijatelná i koncentrace 1-3 mg/l (23).

5.2.5 Přijaté limity

Vyhláška MZ č.252/2004 Sb. stanoví pro železo mezní hodnotu 0,2 mg/l z hlediska organoleptické jakosti vody s poznámkou, že v případech přirozeného původu železa z podloží se za vyhovující považuje obsah železa až do 0,5 mg/l, pokud nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody.

Směrnice Rady č.98/83/ES uvádí limitní koncentraci železa 0,2 mg/l. V USA závazná limitní koncentrace pro železo stanovena není, je zde pouze doporučena koncentrace 0,3 mg/l z hlediska organoleptické kvality vody (secondary standard).

5.2.6 Limity pro krátkodobý příjem

Pro krátkodobý příjem železa pitnou vodou únosnou koncentraci ze zdravotního hlediska (Health Advisory) US EPA neuvádí. Dle SZÚ Praha lze připustit pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů obsah železa do 2 mg/l za podmínky, že voda musí být vzhledově a chuťově přijatelná (16).

5.3 Ca + Mg („tvrdost vody“)

5.3.1 Použití, chování a výskyt ve vodě

Tvrdost vody je tradičním měřítkem schopnosti vody reagovat s mýdlem za vzniku mýdlové pěny. V tvrdé vodě je množství mýdla potřebné k dosažení tohoto efektu výrazně vyšší. Na tvrdosti vody se podílí různé rozpuštěné polyvalentní kationy, dominantně však kationy vápníku a hořčíku. Vápník a hořčík představují dvě významné makro složky pitné vody. Do vody se dostávají rozkladem a rozpouštěním minerálů, což u podzemních vod podporuje rozpuštěný CO₂. K obohacování vody vápníkem a hořčíkem též dochází úpravou vody při odkyselování podzemních vod nebo stabilizaci málo mineralizovaných vod.

V málo a středně mineralizovaných vodách se vápník a hořčík vyskytují převážně jako jednoduché ionty Ca²⁺ a Mg²⁺. Ve více mineralizovaných vodách se mohou ve větším množství tvořit různé iontové asociáty.

V neznečištěných atmosférických vodách bývají koncentrace vápníku a hořčíku obvykle pod 1 mg/l. V prostých podzemních a povrchových vodách se koncentrace vápníku pohybuje řádově od desítek do několika stovek mg/l a koncentrace hořčíku od jednotek do několika desítek mg/l. Vyšší obsah vápníku a hořčíku se nachází v některých minerálních vodách.

V pitné vodě veřejných vodovodů zásobujících byl podle zprávy Monitoringu HS v roce 2010 průměrný obsah vápníku 53,5 mg/l s rozmezím <2 – 519 mg/l (vodu obsahující optimální množství 40-80 mg/l dodávají vodovody zásobující 22,85 % obyvatel, 28,71 % obyvatel má ve svém vodovodu obsah vápníku pod 30 mg/l), průměrný obsah hořčíku 12,2 mg/l s rozmezím 0,3 – 119 mg/l (pouze 4,27 % obyvatel je zásobováno s optimální doporučenou koncentrací hořčíku 20 - 30 mg/l, 71,71 % dostává koncentraci nižší než 10 mg/l). Průměrná koncentrace vápníku a hořčíku byla 1,8 mmol/l s rozmezím 0,07 – 13,5 mmol/l. Z hlediska zásobování obyvatel ČR pitnou vodou bylo vodou s optimální tvrdostí (2 – 3,5 mmol/l) v roce 2010 zásobováno 27,14 % obyvatel, měkká voda byla distribuována 62 % obyvatel, tvrdší voda 10,8 % obyvatel (5).

V pitné vodě veřejných vodovodů byl v Pardubickém kraji podle dat z IS Pi-Vo v roce 2010 a 2011 průměrný obsah vápníku 55,35 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 185 mg/l, průměrný obsah hořčíku 4,36 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 29,8 mg/l a tvrdostí vody 1,89 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 7,73 mg/l. Z hlediska zásobování obyvatel Pardubického kraje pitnou vodou bylo vodou s optimální tvrdostí (2 – 3,5 mmol/l) v roce 2011 zásobováno v okrese Svitavy 61,92 % obyvatel, v okrese Chrudim 30,14 % obyvatel, v okrese Ústí nad Orlicí 47,45 % obyvatel a v okrese Pardubice 48,72 % obyvatel. Měkká voda převládá v okrese Ústí nad Orlicí a Chrudim (graf 8 a graf 9).

Obsah vápníku a hořčíku v pitné vodě má význam z hlediska technologického a provozního a projevuje se na senzorní kvalitě pitné vody. Vysoký obsah zejména vápníku v tvrdé vodě vede k tvorbě inkrustací v potrubích a na materiálech přicházejících do styku s vodou. Jak již bylo uvedeno, v tvrdé vodě se špatně rozpouští mýdlo a zvyšuje se jeho spotřeba.

Dalšími projevy vysoké tvrdosti vody může být tvorba povlaku na hladině kávy a čaje a ztráta aromatických látek z jídel a nápojů vyvázáním na uhličitán vápenatý. Naopak měkká voda bývá agresivní a způsobuje korozi potrubí, což může vést k uvolňování některých toxických kovů.

Obsah vápníku a hořčíku se spolu s dalšími minerály podílí na chuťových vlastnostech vody. Chuťový práh, od kterého je již vnímána specifická chuť, se u iontů vápníku pohybuje v závislosti na přítomnosti dalších látek v rozmezí 100 – 300 mg/l, chuťový práh hořčíku je nižší. Na rozdíl od jiných látek nad chuťovým prahem však u tvrdosti vody mohou být spotřebiteli vnímány jako přijatelné i koncentrace vyšší (24).

5.3.2 Příjem a funkce v organismu

Základní cestou příjmu vápníku a hořčíku pro člověka je potrava. Nejbohatším zdrojem vápníku jsou mléčné výrobky. Potravinové zdroje hořčíku jsou více rozmanité. Běžná strava poskytuje denně asi 1000 mg vápníku a 200 - 400 mg hořčíku. Stupeň absorpce v zažívacím traktu při běžném příjmu se udává asi 30 % u vápníku a 35 % u hořčíku. Absorpce z mléka a pitné vody se u obou prvků odhaduje kolem 50 % (25).

Odhaduje se, že příjem vápníku a hořčíku z pitné vody tvoří ve srovnání s dietárním příjmem jen asi 5-20 %. Přesto se předpokládá, že v některých případech může voda představovat významný příspěvek k celkovému příjmu těchto prvků, což se vysvětluje vyšším stupněm vstřebávání těchto prvků přítomných ve vodě ve volné iontové formě, vyšším stupněm absorpce při častějším příjmu menších dávek při pití během dne, menšími ztrátami vápníku a hořčíku z potravin při vaření v tvrdé vodě a hlavně celkovým deficitem vápníku a hořčíku u významné části populace mnoha zemí (25; 26; 27; 28).

Vápník i hořčík jsou pro člověka esenciální, tedy nezbytné prvky, které v organismu plní řadu důležitých funkcí. Vápník je základním stavebním prvkem kostí a zubů a je nezbytný pro mnoho nervosvalových a buněčných funkcí. Stálá hladina iontů vápníku v tělesných tekutinách je udržována regulačním mechanismem, ve kterém má hlavní úlohu hormon příštítných tělísek a vitamin D. Při nedostatečném příjmu vápníku dochází k jeho uvolňování z kostí, což při dlouhodobém stavu vede k řídnutí kostí (osteoporóze) a zvýšenému riziku zlomenin. Populační skupiny s vyšší potřebou vápníku a rizikem deficitu jsou děti, zejména v prvních 2 letech věku a pubertě, těhotné ženy zejména v třetím trimestru, kojící ženy, ženy po menopauze a možná i starší muži (20).

Zvýšený přísun vápníku potravou nebo jejími doplňky je provázen sníženým vstřebáváním v zažívacím traktu a zvýšeným vylučováním močí. Nepředpokládá se proto, že by mohl představovat zdravotní riziko. Naopak vazbou kyseliny šťavelové v potravě v zažívacím traktu vápník prokazatelně snižuje riziko ledvinových kamenů. Zvyšovat riziko ledvinových kamenů by zřejmě mohl pouze vysoký příjem vápníku nedoprovázený potravou, jako v případě nadužívání farmaceutických doplňků (26).

Na základě některých studií byly vysloveny hypotézy o možném preventivním účinku vápníku, respektive riziku při jeho deficitu ve vztahu k preeklampsii¹³, rakovině tlustého střeva a hypertenzi. Tyto hypotézy však nelze považovat za prokázané. Hodnoty doporučeného příjmu vápníku proto WHO odvozuje na základě optimální bilance ve vztahu k metabolismu kostí (9).

Hořčík je kofaktorem asi 350 buněčných enzymů, z nichž mnohé se účastní energetického metabolismu. Je též zapojen do syntézy bílkovin a nukleových kyselin a je potřebný pro normální tonus cév a citlivost na insulin. Významnou úlohu má v regulaci hladiny draslíku a v metabolismu vápníku. Asi polovina obsahu hořčíku v těle je vázána v kostech, odkud se může při deficitu uvolňovat, avšak tato použitelná zásoba se významně snižuje s věkem.

Stupeň absorpce hořčíku ze zažívacího traktu a jeho vylučování ledvinami se přizpůsobuje potřebě organismu. Přesto má podle WHO vysoké procento evropské populace nižší příjem hořčíku, nežli jsou doporučené hodnoty (29).

Podle výsledků Monitoringu HS představovala průměrná expoziční dávka vápníku a hořčíku z potravy v období 2008/2009 asi 90 %, resp. 65 % doporučeného denního přívodu pro populaci dle vyhlášky č. 225/2008 Sb.¹⁴ Příjem vápníku nemusí být dostatečný pro kritické skupiny populace (děti a adolescenti, těhotné a kojící ženy, ženy starší 60 let), projevit se může i nedostatek hořčíku, zejména u starších osob (9).

Vyšší příjem hořčíku z potravy a vody je považován za relativně neškodný. Vyšší koncentrace v pitné vodě může mít spolu s vyšším obsahem síranů projímavý účinek.

5.3.3 Zdravotní význam tvrdosti vody – epidemiologické studie

První studie popisující nepřímý vztah mezi tvrdostí pitné vody a úmrtností na srdečně cévní onemocnění pocházejí z šedesátých let minulého století. Od té doby bylo publikováno mnoho dalších studií různého typu a metodologické úrovně z různých zemí, které se zabývaly vztahem tvrdosti vody, nebo přímo obsahu vápníku a hořčíku ve vodě, ke kardiovaskulárním onemocněním.

¹³ Preeklampsie – těhotenské onemocnění s otoky, bílkovinou v moči a vysokým krevním tlakem, které někdy může vyústit až v křečové stadium (eklampsii).

¹⁴ Vyhláška č. 225/2008 Sb., kterou se stanoví požadavky na doplňky stravy a na obohacování potravin, ve znění vyhlášky č. 352/2009 Sb. uvádí v příloze č. 5 doporučenou denní dávku 800 mg vápníku a 375 mg hořčíku.

Ve většině z nich, ale ne ve všech, byla v oblastech s vyšší tvrdostí vody zjištěna nižší úmrtnost na kardiovaskulární onemocnění (infarkt myokardu, cévní mozkové příhody). Zjištěný rozdíl v úmrtnosti ve srovnání s oblastmi s měkkou vodou byl až 25 %.

Potřeba objasnit, jaký význam má příjem minerálních látek pitnou vodou, intenzivně nabývá na aktuálnosti s narůstajícím rozsahem využívání technologií úpravy vody produkujících vodu s podstatně jiným minerálním složením, nežli mají přírodní vody, historicky využívané jako zdroje pitné vody. WHO se proto v posledních letech touto otázkou intenzivně zabývala a uspořádala k tomuto tématu dvě sympozia expertů.

První symposium pořádané v roce 2003 dospělo k závěru, že v přírodních vodách se pouze několik minerálních látek nachází v takovém množství, aby bylo možné předpokládat, že jejich příjem pitnou vodou může být za některých okolností významným příspěvkem a v první řadě se jedná o hořčík a vápník, podmiňující tvrdost vody. Na základě kritického vyhodnocení existujících studií dospělo symposium expertů k závěru, že i když se většinou jedná o epidemiologické studie ekologického typu¹⁵, které nevypovídají o kauzalitě sledovaného vztahu a mohou být zkresleny různými interferujícími faktory, hypotéza o příznivém účinku tvrdé vody u kardiovaskulárních onemocnění je pravděpodobně validní a hlavním nositelem tohoto příznivého účinku je s velkou pravděpodobností hořčík.

Tento závěr podporují i některé epidemiologické studie případů a kontrol, stejně jako studie klinické. Popsány byly i další příznivé účinky tvrdé vody např. ve vztahu k ledvinovým kamenům, neurodegenerativním poruchám ve stáří, velmi nízké porodní váze u dětí, zlomeninám u dětí, komplikacím v těhotenství, hypertenzi a možná i některým nádorům, avšak nejsou zatím podloženy přesvědčivými důkazy (27).

Nejspolehlivější důkazy z epidemiologických studií existují pro souvislost mezi deficitem hořčíku a pravděpodobností náhlého úmrtí na srdeční zástavu, která se vysvětluje arytmií nebo spasmem srdečních tepen. Zdá se přitom, že ochranný účinek hořčíku spíše spočívá ve snížení rizika úmrtí u osob s již vyvinutým srdečně cévním onemocněním, nežli v prevenci vzniku těchto onemocnění. Nicméně patofyziologické studie a experimenty u pokusných zvířat ukazují na ochranný účinek hořčíku i při vzniku hypertenze a rozvoji arteriosklerózy. Hlavním závěrem jednání expertů bylo doporučení detailnějšího posouzení podkladů o příznivých zdravotních účincích konzumace tvrdé pitné vody (27).

¹⁵ Epidemiologické studie zkoumající výskyt zdravotních účinků u populace určité oblasti, ve které se vyskytuje rizikový faktor prostředí, aniž by byla získána individuální data u jednotlivých osob.

K závěrům ve smyslu podpory popisovaného protektivního účinku tvrdosti pitné vody vůči kardiovaskulárním onemocněním, avšak nedostatku údajů o konkrétním mechanismu tohoto účinku a nemožnosti rozlišit potenciální význam vápníku a hořčíku v tvrdé vodě, dospělo i obsáhlé kritické vyhodnocení epidemiologických studií, dosud publikovaných v anglicky psané odborné literatuře v roce 2005 (30).

V roce 2006 se v USA uskutečnilo další symposium již přímo na téma možného ochranného účinku tvrdé vody proti kardiovaskulárním nemocem, jehož výstupem je publikace vydaná WHO v roce 2009 (26).

Kromě klinických a nutričních studií je v této publikaci zahrnuto i review analytických epidemiologických studií, které poskytují spolehlivější výsledky k průkazu kauzálních vztahů, nežli studie ekologického typu. Studie zaměřené na vztah mezi celkovou tvrdostí nebo obsahem vápníku ve vodě a rizikem akutních infarktů myokardu (IM) nebo kardiovaskulární úmrtnosti neposkytly důkazy o asociaci. Negativní výsledek měly i studie zaměřené na vztah mezi hořčíkem a IM. Pět studií případů a kontrol zkoumalo vztah mezi obsahem hořčíku v pitné vodě a kardiovaskulární úmrtností. I když ne všechny dospěly ke statisticky významným výsledkům a některé měly problémy s kontrolou možných interferujících faktorů (counfounders), všechny ukázaly stejný obrácený trend, zejména při koncentraci hořčíku nad 5 mg/l. Statistickou významnost nabýval tento vztah při koncentraci hořčíku kolem 10 mg/l a více. I když to ještě není přímo průkaz kauzality, je toto zjištění ve shodě s dobře známými účinky hořčíku na kardiovaskulární funkce a podle některých odborníků mají tyto důkazy spolu poznatky klinickými a nutričními již dostatečnou váhu k tomu, aby se promítly do vydání nových směrnic pro pitnou vodu (26).

Tento názor však ještě stále není jednotný. S ohledem na multifaktoriální etiologii kardiovaskulárních onemocnění, pestrost potravinových zdrojů vápníku a hořčíku a různorodost výživových zvyklostí je otázkou, zda je vůbec reálné epidemiologickými studii dospět k jednoznačnému průkazu. Naděje jsou kladeny do intervenčních studií v oblastech, kde došlo k podstatné změně v tvrdosti dodávané pitné vody. Taková studie byla nedávno realizována v Anglii, avšak nepodařilo se nalézt oblasti s dostatečným počtem obyvatel, aby mohla dospět k přesvědčivému výsledku (31).

Nejistotou zůstává i vlastní mechanismus, jakým se pozorovaný protektivní účinek tvrdé vody může uplatňovat. Kromě působení hořčíku a kalcia existuje alternativní hypotéza vysvětlující ochranný účinek tvrdé vody působením toxických kovů, které mohou

být ve větší míře vyluhovány z materiálu vodovodních rozvodů agresivní měkkou vodou. Vápník a v menší míře i hořčík mají i z tohoto pohledu ochrannou funkci, neboť tvorbou nerozpustných sloučenin a obsazením vazebných míst snižují vstřebávání toxických kovů jako je olovo nebo kadmium.

Nejnovější alternativní hypotéza uvažuje i o uplatnění nižšího pH měkké vody s obvykle nižším obsahem hydrogenuhličitanu a následným zvýšeným vylučováním vápníku a hořčíku ledvinami při narušení acidobazické rovnováhy v organismu (32).

Ve vztahu k vysoké tvrdosti vody byl v některých starších studiích z Ruska z oblastí s vodou tvrdší nežli 5 mmol/l popsán vyšší výskyt žlučových, močových a slinných kamenů, postižení kloubů i dalších onemocnění. Vesměs se však jednalo o vodu s vysokým obsahem i jiných minerálních látek. V oblastech s konzumací vysoce mineralizované vody byl např. u dětí popsán častější výskyt nemocí zejména močového systému, častější poruchy fyzického vývoje a u jejich matek častější komplikace v těhotenství. Nepříznivé účinky ve smyslu nadměrné zátěže kompenzačních mechanismů, ztrát energie a urychlení procesu stárnutí byly při dlouhodobé konzumaci vysoce mineralizované vody popsány v experimentech u pokusných zvířat (24).

Nejvíce důkazů z experimentů i epidemiologických studií existuje pro vztah mezi konzumací vysoce tvrdé vody a zvýšeným rizikem močových kamenů, které se vysvětluje např. narušením koloidně – krystalické rovnováhy moče. Toto riziko lze předpokládat až při extrémních hodnotách tvrdosti pitné vody nad 5 mmol/l (24).

Uvádí se také, že tvrdá voda může zhoršovat příznaky atopického ekzému u dětí školního věku, kde je možné vysvětlení zvýšeným užíváním mýdla a drážděním jeho zbytky na kůži (25).

5.3.4 Doporučený limit WHO

V aktualizovaném podkladovém materiálu ke směrnici pro kvalitu pitné vody (Guidelines for drinking-water quality) WHO v roce 2009 uvádí, že pitná voda může být důležitým zdrojem vápníku a hořčíku pro část populace s nízkým dietárním příjmem těchto prvků. Konstatuje nálezy analytických epidemiologických studií indikujících pozitivní vliv hořčíku na kardiovaskulární úmrtnost při koncentraci v pitné vodě kolem 10 a více mg/l, které sice ještě spolehlivě neprokazují kauzalitu, avšak jsou v souladu s dobře známými příznivými účinky hořčíku na kardiovaskulární funkce. Zatím však WHO nepovažuje současné poznatky za dostatečné ke stanovení doporučeného zdravotně podloženého limitu pro tvrdost vody (23; 25).

5.3.5 Přijaté limity

Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb., kterou se stanoví hygienické požadavky na pitnou a teplou vodu a četnost a rozsah kontroly pitné vody stanoví doporučený obsah vápníku v rozmezí 40 – 80 mg/l s minimální mezní hodnotou 30 mg/l pro vody u kterých je uměle snižován obsah vápníku nebo hořčíku. Obdobně je zde uveden doporučený obsah hořčíku 20 – 30 mg/l s minimální mezní hodnotou 10 mg/l pro upravované vody.

Limit pro maximální obsah vápníku a hořčíku stanoven není, velmi vysoká tvrdost je však obvykle spojena s vysokou koncentrací veškerých rozpuštěných látek, která je limitována mezní hodnotou vodivosti (konduktivity) 125 mS/m. Doporučený obsah vápníku a hořčíku (tvrdost vody) je stanoven v rozmezí 2 – 3,5 mmol/l s poznámkou, že jde o optimální koncentraci z hlediska zdravotního, nikoliv technického.

Vyhláška MZ č. 409/2005 Sb., o hygienických požadavcích na výrobky přicházející do přímého styku s vodou a na úpravu vody povoluje použití vodárenských technologií snižujících obsah rozpuštěných látek nebo obsah vápníku a hořčíku jen v těch případech, kdy je obsah vápníku a hořčíku ve vodě vyšší než doporučená hodnota stanovená ve vyhlášce č. 252/2004 Sb., a kdy voda po úpravě nebude mít obsah těchto prvků nižší než dolní mez doporučené hodnoty a obsah rozpuštěných látek nebude nižší než 150 mg/l.

5.3.6 Limity pro krátkodobý příjem

Pro krátkodobý příjem lze dle SZÚ Praha připustit pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů koncentraci hořčíku do 125 mg/l (16).

5.3.7 Celková mineralizace

Vedle výše uvedených jednotlivých minerálních látek může mít zdravotní význam i celkový obsah těchto látek v pitné vodě. Nasvědčují tomu již zmíněné starší ruské epidemiologické a experimentální studie, ve kterých byl v oblastech s konzumací vysoce mineralizované vody např. popsán častější výskyt nemocí močového systému a poruch fyzického vývoje u dětí, častější komplikace v těhotenství a vyšší výskyt onemocnění trávicího traktu.

Nepříznivé účinky ve smyslu nadměrné zátěže kompenzačních mechanismů a urychlení procesu stárnutí byly při dlouhodobé konzumaci vysoce mineralizované vody popsány v experimentech u pokusných zvířat. I když tyto údaje neumožňují přesnější stanovení vztahu expozice a účinku, nasvědčují tomu, že hranice celkové mineralizace vody mezi ještě nevýznamným a již statisticky významným účinkem se zřejmě nachází

v oblasti tradiční hranice mezi vodou pitnou a minerální, tedy okolo 1000 mg/l (24). Závisí zde ovšem na řadě dalších faktorů, v první řadě na množství skutečně konzumované vody, které je např. podstatně vyšší v zemích s teplejším klimatem.

5.4 Mangan

5.4.1 Chování a výskyt ve vodě

Mangan je jeden z nejhodnějších kovů zemské kůry a obvykle se vyskytuje společně se železem. Vytváří anorganické i organické sloučeniny. Anorganický mangan se využívá hlavně do slitin a ve sloučeninách např. při výrobě suchých baterií, barev, pyrotechniky, ve sklářství, jako oxidační činidlo a hnojivo. Organické formy se používají např. jako fungicidy nebo aditiva paliv a benzínu. Sloučeniny manganu se mohou nacházet v odpadních vodách ze zpracování rud, metalurgie a chemického průmyslu. Různé sloučeniny manganu mají podstatně odlišné fyzikální a chemické vlastnosti, což určuje i jejich chování v prostředí a následně i možnost expozice člověka a ovlivnění jeho zdraví. Ve vodě se mangan může vyskytovat v rozpuštěné a nerozpuštěné formě především v oxidačních stupních II, III a IV. V redukčních podmínkách za nepřítomnosti kyslíku a jiných oxidačních činidel je přítomen převážně jako Mn^{II} . Za přítomnosti rozpuštěného kyslíku se zejména v alkalickém prostředí rychle oxiduje a hydrolyzuje a vylučují se málo rozpustné vyšší oxidy manganu v oxidačním stupni III a IV. Vůči oxidaci jsou odolnější komplexní formy sloučenin manganu s některými organickými látkami, např. huminovými. Obsah manganu ve vodách bývá obvykle v rozmezí 1 – 200 $\mu\text{g/l}$, avšak v podzemních vodách chudých na kyslík může dosahovat i několika miligramů na litr, obvykle je provázen ještě vyšším obsahem železa. Huminové látky váží mangan do komplexů a mohou být příčinou jeho vyšší koncentrace (33).

Mangan významně ovlivňuje organoleptické vlastnosti vody a to ještě více než železo. V koncentraci vyšší než 0,1 mg/l již může nepříznivě ovlivnit chuť vody a nerozpustné vyšší oxidy manganu mohou hnědě zbarvovat prádlo a materiály přicházející do styku s vodou. Při koncentraci 0,2 mg/l mangan často vytváří povlaky v potrubí, které se mohou odlupovat jako černé sraženiny. Nadměrný rozvoj manganových bakterií může být příčinou zarůstání vodovodního potrubí jejich biomasou a nepříznivě ovlivňovat chuť a pach vody.

V pitné vodě veřejných vodovodů byl v ČR podle zprávy Monitoringu HS v roce 2010 průměrný obsah manganu 0,023 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 2,23 mg/l (5).

V pitné vodě veřejných vodovodů byl v Pardubickém kraji podle dat z IS Pi-Vo v roce 2010 a 2011 průměrný obsah manganu 0,0147 mg/l s maximální zjištěnou hodnotou 0,95 mg/l.

5.4.2 Příjem a chování v organismu

Mangan je pro mnoho organismů včetně člověka esenciálním prvkem. Tvoří součást důležitých enzymů a je nezbytný pro některé metabolické pochody a funkce nervových buněk. U zvířat jsou známé příznaky deficitu manganu, u člověka jsou vzhledem k dostatečnému příjmu potravou vzácné. Vysoká úroveň expozice manganu inhalační nebo perorální cestou však může vést ke zdravotnímu poškození. Dominantní cestou příjmu je potrava. Vstřebávání manganu ze zažívacího traktu je fyziologicky regulováno, dle WHO se obvykle se vstřebává jen 3 až 8 % požitého množství, jiné zdroje uvádějí až 14 %. Stupeň absorpce však může velmi kolísat v závislosti na aktuálním příjmu, chemické formě a přítomnosti dalších prvků, jako je železo a vápník, v potravě. Kromě těchto vnějších vlivů zřejmě u lidí existují i značné individuální rozdíly ve stupni absorpce a retence manganu v organismu. Vyšší citlivost vůči toxickému působení manganu byla zjištěna u anemických osob, což je vysvětlováno vyšším stupněm vstřebávání spolu se železem. Naopak při vysokém dietárním příjvu železa je absorpce manganu snižena. Vyšší stupeň absorpce byl pozorován u mláďat experimentálních zvířat i u malých dětí. U kojenců se předpokládá i snižená schopnost vylučování manganu žlučí. Mangan je přítomen ve všech tkáních v těle, nejvyšší obsah je obvykle nalézán v kostech, játrech, ledvinách a slinivce. Může být též analyzován ve vlasech. Vylučuje se téměř výlučně žlučí do stolice. Obsah manganu v těle je zřejmě regulován i enterohepatální cirkulací (zpětným vstřebáváním ze střeva). Doporučený denní příjem manganu se odhaduje na cca 2 – 5 mg. Skutečný denní příjem manganu z potravy u dospělých je na základě posledních přehledů odhadován v rozmezí 0,7 – 11,9 mg (34; 35).

Horní hranice odhadu je dosahována hlavně při vegetariánské stravě, neboť více manganu obsahuje zelenina, cereálie a ořechy. Významným zdrojem manganu je čaj, jeden šálek obsahuje až 1,3 mg manganu. Zdá se však, že využitelnost manganu z této stravy je nižší vlivem tvorby nerozpustných komplexů s taniny, fytáty, oxaláty, vlákninou apod. v zažívacím traktu.

U populace ČR byla podle výsledků Monitoringu HS za období 2008/2009 průměrná expoziční dávka manganu z potravy asi 0,05 mg/kg/den. U dětí ve věkové

kategorii 4 - 6 let je odhad příjmu manganu z potravy na základě modelu doporučených dávek potravin podstatně vyšší, asi 0,19 mg/kg/den, u kojících žen asi 0,08 mg/kg/den (9).

Americká ATSDR¹⁶ uvádí v toxikologickém hodnocení manganu z roku 2008, že ačkoli je mnoho sloučenin manganu rozpustných ve vodě, nejsou doklady o tom, že by dermální expozice mohla vést k významnějšímu vstřebání manganu do organismu a tato cesta expozice se proto nepovažuje za významnou (36).

V kanadské studii, jejíž výsledky byly zveřejněny v září roku 2010, byl zjištěn vztah mezi koncentrací manganu v pitné vodě a jeho obsahem ve vlasech. Tento vztah přitom nebyl zjištěn pro mnohem vyšší dietární příjem manganu. To naznačuje, že mangan při expozici z pitné vody je vstřebáván, případně i metabolizován jiným způsobem, nežli mangan z potravy a může vést k překročení bezpečné hranice jeho příjmu. Uvažuje se přitom i o již dříve vyslovené hypotéze, že význam může mít i expozice inhalací vodního aerosolu s manganovými ionty při sprchování (37).

5.4.3 Toxicita, genotoxicita a karcinogenita

Kritickou branou vstupu do organismu je u manganu dýchací ústrojí. Zřejmě se zde uplatňuje i přímý transport z nosní dutiny přes čichový epitel do mozku, který je cílovým orgánem pro toxické účinky manganu. Charakteristické poškození při chronické otravě u člověka, známé z dlouhodobé pracovní expozice horníků prachu obsahujícímu mangan, je destrukce gangliových buněk v bazálních gangliích mozku s klinickým obrazem podobným Parkinsonově chorobě¹⁷. Obdobné mírné preklinické symptomy a neuropsychiatrické poruchy byly popsány i u inhalačně neprofesionálně exponované populace. Podstata neurotoxického účinku manganu není ještě přesně objasněna, zřejmě se zde může uplatňovat řada mechanismů včetně oxidačního stresu. Řada údajů indikuje možnost podobných neurotoxických účinků manganu i při perorální expozici a to zejména u dětí. Nasvědčují tomu i zatím ojedinělé studie perorální toxicity manganu, provedené u opic. Přesný práh expozice pro tyto účinky se však dosud nepodařilo zjistit. Situace je zde ztížena tím, že hlodavci nejsou pro druhovou odlišnost od člověka vhodnými experimentálními zvířaty pro studium toxicity manganu. Kromě toho u nich nelze identifikovat časné psychologickými symptomy, předcházející u primátů zjevným neurologickým příznakům.

¹⁶ ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) Agentura Ministerstva zdravotnictví USA, jejíž úlohou je ochrana veřejného zdraví před nebezpečnými látkami v prostředí.

¹⁷ Parkinsonova choroba – presenilní neurodegenerativní onemocnění s charakteristickými poruchami hybnosti.

Některé kasuistiky a studie popisují neurotoxický účinek manganu při jeho příjmu pitnou vodou. V roce 1941 byl v Japonsku popsán případ otravy s neurologickými příznaky po kontaminaci studní z baterií, přičemž koncentrace manganu v pitné vodě dosahovala asi 28 mg/l. Postižení byli hlavně starší lidé, u dětí se příznaky otravy nevyskytly. Voda však obsahovala zvýšené koncentrace i dalších kovů, hlavně zinku.

Souvislost mezi vyšším obsahem manganu v pitné vodě a neurologickými příznaky chronické otravy manganem a jeho vyšším obsahem ve vlasech u starších lidí nad 50 let byla zjištěna epidemiologickou studií ze severozápadního Německa. Koncentrace manganu ve vodě se ve sledované oblasti pohybovala v úrovni 1,8 až 2,3 mg/l. Ve studii však nebyl sledován dietární příjem manganu ani spotřeba pitné vody a nebyl vyšetřován nutriční stav populace a event. další možné ovlivňující faktory. Jiná studie v severním Německu neprokázala žádné neurologické příznaky u starších lidí chronicky exponovaných manganu z pitné vody s obsahem 0,3 mg/l ve srovnání s kontrolní skupinou zásobovanou vodou s koncentrací 0,05 mg/l. Ani tato studie však nesledovala příjem Mn z jiných zdrojů (25).

Některé studie u dětí naznačily souvislost mezi vysokým příjmem manganu pitnou vodou a potravou a horšími výsledky psychologických testů a horším školním prospěchem ve srovnání s kontrolní skupinou. Byl též popsán zvýšený obsah manganu ve vlasech u dětí neschopných vzdělávání ve srovnání s normálními dětmi. Nedostatkem těchto studií je většinou neznalost celkové úrovně expozice manganu a možnost působení i dalších nesledovaných faktorů.

Americká ATSDR uvádí v posledním toxikologickém hodnocení manganu z roku 2008 čtyři nedávné zprávy z období 2002 – 2007 o neurotoxicitě manganu u dětí v souvislosti s expozicí z pitné vody. Odhadovaná průměrná denní dávka z pitné vody byla v těchto případech v rozmezí 0,02 – 0,11 mg/kg/den (36).

Opodstatněnost obav z neurotických účinků manganu z pitné vody u dětí významně podpořila kanadská studie z jižního Quebecu, publikovaná v září 2010, ve které byl zjištěn obrácený vztah mezi obsahem manganu v pitné vodě a úrovní inteligenčního kvocientu (IQ) u dětí. Jak již bylo uvedeno, závažnost tohoto zjištění spočívá zejména v tom, že tento vztah, stejně jako vztah k obsahu manganu ve vlasech, nebyl zjištěn pro mnohem vyšší dietární příjem manganu. Závažná je také skutečnost, že tato studie na rozdíl od některých dřívějších popsala nepříznivé účinky manganu při podstatně nižší koncentraci v pitné vodě. Průměrný obsah manganu u studované populace byl cca 0,1 mg/l. Zjištěný vztah byl přitom významný, snížení IQ u dětí v horní pětině (quintilu) souboru s mediánem

koncentrace manganu v pitné vodě 0,216 mg/l (rozmezí 0,154-2,7 mg/l) bylo o 6,2 bodů IQ stupnice proti dětem v prvním quintilu s mediánem manganu 0,001 mg/l (0-0,002 mg/l). Jednou z otevřených otázek tohoto zjištění podle autorů studie je, zda je pro tento účinek podstatná dlouhodobá chronická expozice, nebo expozice v některém kritickém období vývoje (37).

Výsledky experimentálních studií u zvířat ukazují na možnost reprodukční a vývojové toxicity manganu a narušení sexuálních funkcí je uváděno i mezi časnými příznaky při vysoké profesionální expozici u mužů v některých studiích z pracovního prostředí. Celkově jsou však poznatky o možném vlivu expozice manganu na reprodukční funkce u lidí nedostatečné.

Genotoxicita a karcinogenita

Mangan v některých testech u bakterií i na savčích buňkách vykazuje mutagenní účinky. Důkazy mutagenity u člověka jsou však sporné. Výsledky studií karcinogenity u pokusných zvířat jsou rozdílné. V chronické orální studii u krys a myší byla zjištěna slabě zvýšená incidence některých nádorů, jiné studie naznačují naopak antikarcinogenní efekt. O karcinogenitě manganu pro člověka nejsou žádné důkazy.

US EPA proto zařazuje v databázi IRIS mangan do skupiny D mezi látky neklasifikovatelné z hlediska lidské karcinogenity. WHO mangan z hlediska karcinogenity nehodnotila.

5.4.4 Doporučený limit WHO

Ve 2. vydání směrnice pro kvalitu pitné vody v roce 1996 WHO vycházela z bezpečného příjmu manganu až do 20 mg denně bez výskytu zdravotních účinků, ověřeného mnoha studii a použila dávku 12 mg denně u šedesátikilového člověka, což představuje 0,2 mg/kg/den. S předpokladem příjmu 20 % pitnou vodou a po aplikaci faktoru nejistoty 3 pro možnost vyššího stupně využitelnosti manganu z vody byla odvozena hodnota 0,4 mg/l. Vzhledem k váze dokladů o bezpečném dietárním příjmu manganu u člověka a výsledků pokusů na zvířatech považovala WHO za dostatečně bezpečnou prozatímní směrníkovou hodnotu 0,5 mg/l s upozorněním, že i nižší koncentrace manganu v pitné vodě mohou být příčinou nespokojenosti konzumentů. Důvody pro stanovení nižší MH v pitné vodě byly dle WHO především vodárensko-technologické (růst manganofilních bakterií) a estetické (skvrny na prádle) (38).

Ve 3. vydání směrnice pro kvalitu pitné vody z roku 2004 uvádí WHO doporučenou koncentraci manganu 0,4 mg/l. Při jejím stanovení vychází z tolerovatelného

denního příjmu TDI pro mangan 60 µg/kg/den založeném na horní hranici příjmu manganu 11 mg denně, která byla zjištěna dietárními průzkumy (IOM 2001) a při které se nevyskytují žádné nepříznivé účinky, přičemž byla faktorem nejistoty 3 zohledněna vyšší biodostupnost manganu z vody (23).

Nové poznatky o toxicitě manganu a jeho distribuci z pitné vody však signalizují, že tato doporučená koncentrace může být pro adekvátní ochranu zdraví příliš vysoká a WHO od ní v současném 4. vydání směrnice pro kvalitu pitné vody ustupuje (39).

5.4.5 Přijaté limity

Vyhláška MZ č. 252/2004 Sb. stanoví pro mangan mezní hodnotu 0,05 mg/l, ale v případě, kdy jsou vyšší hodnoty ve zdroji surové vody způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty manganu do 0,20 mg/l považují za vyhovující, za předpokladu, že nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody.

Směrnice Rady č. 98/83/ES uvádí mangan mezi indikačními ukazateli pro monitoring kvality vody v hodnotě 0,05 mg/l. Při překročení těchto indikačních ukazatelů mají členské státy povinnost uvážít, zda to představuje ohrožení lidského zdraví a tam, kde je zapotřebí zdraví chránit, uskutečnit nápravná opatření.

Závazná limitní koncentrace pro mangan v USA stanovena není, též je zde pouze doporučená koncentrace 0,05 mg/l z hlediska organoleptické kvality vody (secondary standard). Jako bezpečný obsah manganu v pitné vodě z hlediska prevence nepříznivých neurologických účinků při celoživotní expozici (Lifetime Health Advisory) uvádí US EPA koncentraci 0,3 mg/l, přičemž vychází z perorální referenční dávky z databáze IRIS (viz dále v charakterizaci rizika) a uvažuje pro pitnou vodu 20% podíl z celkového příjmu manganu (35).

5.4.6 Limity pro krátkodobý příjem

Pro krátkodobý příjem manganu pitnou vodou uvádí US EPA únosnou koncentraci ze zdravotního hlediska (Health Advisory) ve výši 1 mg/l pro příjem v trvání do 10 dnů. U kojenců do 6 měsíců věku z důvodu vyššího obsahu manganu v umělé kojenecké výživě a možnosti vyšší absorpce a snížené exkrece Mn tuto hodnotu snižuje na 0,3 mg/l (19).

Dle SZÚ Praha lze připustit pro nouzové zásobování pitnou vodou v trvání do 30 dnů obsah manganu do 1 mg/l (16).

6 Závěr

Jakost pitné vody ve veřejných vodovodech v Pardubickém kraji od roku 2006 v naprosté většině případů splňuje hygienické požadavky a nepředstavuje zdravotní riziko pro obyvatele.

Přesto se ještě vyskytují lokální problémy, které představují potenciální zdravotní riziko. Jde hlavně o znečištění podzemních vod chlorovanými uhlovodíky, pesticidy, zvýšený obsah dusičnanů a zranitelnost některých malých zdrojů vůči mikrobiologické kontaminaci.

Jednou z příčin těchto havarijních situací je nedostatečná ochrana vodních zdrojů před bodovým i plošným znečištěním a prakticky nefunkčnost systému ochranných pásem vodních zdrojů, kterými v důsledku finanční a administrativní náročnosti stanovení a vyhlášení není v současné době chráněna ani řada významných využívaných zdrojů pitné vody.

Důsledkem tohoto stavu je i setrvávající situace v překračování limitu obsahu dusičnanů u některých zdrojů pitné vody. Z hlediska počtu zásobovaných obyvatel byla nejzávažnější situace u skupinového vodovodu Svitavy. Tato situace se od roku 2007 vyřešila novými posilujícími zdroji, v posledních třech letech koncentrace dusičnanů kolísá, ale je pod limitní hodnotou, pohybuje se v průměru okolo 25 mg/l.

Vodovod Licibořice, okres Chrudim, vykazuje zvýšený obsah uranu. Zdravotním rizikem zde není radioaktivita, nýbrž chemická toxicita, konkrétně nefrotoxicita tohoto prvku. Počátkem roku 2010 byl zpřísněn limit obsahu uranu na 15 µg/l. Zatím je tento zpřísněný limit dle rozborů těsně dodržován.

U několika vodovodů, dochází k druhotnému zaželezování starých potrubních systémů (Skrovnice, Kunvald, Sázava, Žichlínek, Jedlová, Vysoké Chvojno a zdroj skupinového vodovodu v Lázních Bohdanči), které vede ke značným organoleptickým závadám (barva a zákal) a bylo nezbytné přistoupit k aplikování polyfosforečnanů do potrubí před distribucí vody. Pro odstranění organoleptických závad se tento způsob úpravy osvědčil. Nicméně se jedná o postup, který nelze považovat v případě pitné vody za vhodné a zcela bezrizikové řešení a hlavně konečné řešení.

Po stránce mikrobiologických ukazatelů došlo v uplynulých letech u veřejných vodovodů k výraznému zlepšení a nálezy překročení mikrobiologických ukazatelů jsou

spíše výjimečné. Častější jsou tyto nálezy u komerčních studní, zásobujících ubytovací a stravovací zařízení v rekreačních oblastech.

Potenciální epidemiologické riziko, případně i riziko toxických účinků zejména dusičnanů a pesticidů, je třeba předpokládat též u části obyvatel, využívajících své vlastní studny nebo malé vodovody s kapacitou do 50 obyvatel, které si sami provozují a které nepodléhají státnímu zdravotnímu dozoru. V Pardubickém kraji je takto zásobováno 8,2 % obyvatel (cca 41 500 lidí).

Největším přínosem v Pardubickém kraji jsou podzemní zdroje pitné vody. Kvalita podzemní vody je především výsledkem geochemických procesů, probíhajících v poměrně dlouhém časovém horizontu. Nekontaminované podzemní vody obsahují jen velice malé koncentrace organických látek, ale poměrně větší množství solí, které do nich přecházejí při jejich styku s geologickým prostředím. Ze zdravotního hlediska je vhodnější k pití pitná voda, nežli alkoholické a slazené nápoje (rizikem je podíl na vzniku obezity).

Zdraví se týká nás všech. Je cenou hodnotou individuální i sociální, která výrazně ovlivňuje kvalitu života.

7 Souhrn

Tato práce se zabývá otázkou zdravotních účinků pitné vody na zásobované obyvatelé v Pardubickém kraji.

V první části práce bych chtěla čtenářům představit Pardubický kraj jako takový (rozložení okresů a povodí) a přiblížit jaké je hydrogeologické pokrytí. Zásobování pitnou vodou je zajištěno převážně veřejnými vodovody, které využívají podzemní zdroje vody.

V další části práce se dostáváme k seznámení s legislativou, postupu při zpracování údajů z integrovaného systému pitné vody, jejich analýze a grafickému znázornění nejčastěji překračujících ukazatelů při rozborech vody.

V druhé polovině práce je na základě současných poznatků diskutováno možné riziko překračujících ukazatelů (dusičnany, železo, mangan). Nejzávažnějším problémem jsou postupně se zvyšující hodnoty u ukazatele dusičnany, které se ve 21. století vyskytují téměř ve všech vodách. Jejich koncentrace v přírodních vodách neustále vzrůstají v důsledku růstu počtu obyvatel a intenzivní zemědělské činnosti. Nelze ani opomenout možné nevyhovující mikrobiologické znečištění. Mezi nejčastější nálezy patří především počty kolonií při 22°C a 36°C, poskytující informaci o celkovém mikrobiálním znečištění. Nezanedbatelný je i zdravotní význam velmi nízkého nebo příliš vysokého obsahu rozpuštěných látek, zvláště vápníku a hořčíku.

8 Summary

This thesis deals with health effects of drinking water, which is distributed to residents of the Pardubice region.

In the first part, I would like to introduce to readers this region (districts and watershed) and then follows hydrogeological coverage. Drinking water is distributed mainly by public water supplier system which use groundwater resources.

The next part bring information about legislation, procedures needed for data processing from the integrated system of drinking water, their analysis and graphical representation of the most exceed indicators.

Then follows current knowledges and discussion about the potential risk of exceeding parameters (nitrate, iron, manganese). The value of nitrate indicators is the most serious problem of this century, which is gradually increasing and can be found in the majority of samples. Their concentration depend on the population growth and intensive agricultural activities. We can not ignore possible unsatisfactory microbiological contamination. For example: Particularly numbers of colonies at 22°C and 36°C are between the most common findings, these are indicators of the total microbial contamination.

Very low or very high quantity of dissolved solids (especially calcium and manganese) has important negative influence on the people health too.

9 Citovaná literatura

1. **Tuhovčák, L., et al.** *Vodárenství*. Brno : VUT v Brně, FAST, 2006.
2. **Wikipedie.** Pardubický kraj - Wikipedie. *Wikipedie otevřená encyklopedie*. [Online] Wikipedie, 2012. [Citace: 12. 02 2012.]
http://cs.wikipedia.org/wiki/Pardubick%C3%BD_kraj.
3. **Urban, J.** *Hydrologie - Skripta pro pomaturitní specializační studium směru "Vodní hospodářství"*. místo neznámé : Státní energetická inspekce Energetický institut, 1977.
4. **Němec, J.** *Hydrologie*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1965.
5. **Státní zdravotní ústav.** Ústředí systému monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí: Zpráva o kvalitě pitné vody v ČR za rok 2010. *SZÚ*. [Online] 2011. [Citace: 15. 04 2012.]
http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/monit/voda_10.pdf. 978-80-7071-118-3.
6. **Kožíšek, F., Kos, J. a Pumann, P.** Hygienické minimum pro pracovníky ve vodárenství. *SZÚ*. [Online] 2007. [Citace: 23. 09 2011.]
<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/hygmin2.pdf>.
7. **KHS Pa kraje.** Závěrečná hodnocení zpráva za rok 2010 - "Zdraví 21" - cíl 10: Zdravé a bezpečné životní prostředí. 2011.
8. **World Health Organization.** Guidelines for Drinking-Water Quality - Second Edition - Volume 2 - Health Criteria and Other Supporting Information - Addendum. *WHO*. [Online] 1998. [Citace: 23. 03 2012.]
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edaddvol2a.pdf.
9. **Státní zdravotní ústav.** Archiv souhrnných zpráv: *SZÚ*. *SZÚ*. [Online] 8 2010. [Citace: 5. 5 2012.] http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/souhrnna_zprava/Szu_10.pdf. 80-7071-312-9.
10. **World Health Organization.** Nitrate and nitrite in drinking-water, Background dokument for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. *WHO*. [Online] 2007. [Citace: 24. 4 2012.]
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/nitratenitrite2ndadd.pdf.
11. **World Health Organization.** JECFA Food Additives Series 50: INCHEM. *INCHEM*. [Online] 2003. [Citace: 20. 4 2012.]
<http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v50je01.htm>. 92-4-166050-3.
12. **WHO.** IARC Monographs- Monographs available in PDF format. *INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER*. [Online] 2010. [Citace: 25. 4 2012.]
<http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol94/mono94.pdf>. 978-92-832-1294-2/1017-1606.
13. **World Health Organization.** Guidelines for drinking-water quality, third edition, incorporating first and second addenda: *WHO*. *WHO*. [Online] 2008. [Citace: 27. 4 2012.]
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/secondaddendum20081119.pdf. 978-92-4-154760-4.
14. **World health Organization.** Guidelines for drinking-water quality - 4th : *WHO*. *WHO*. [Online] 2011. [Citace: 22. 2 2012.]
http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241548151_eng.pdf. 978-92-4-154815-1.
15. **United States Environmental Protection Agency.** 2009 Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories . *USEPA*. [Online] 09 2009. [Citace: 23. 02 2012.]
<http://water.epa.gov/action/advisories/drinking/upload/dwstandards2009.pdf>. 1-800-426-4791 .
16. **Státní zdravotní ústav.** NOUZOVÉ ZÁSADOVÁNÍ PITNOU VODOU (metodické doporučení SZÚ – Národního referenčního centra pro pitnou vodu). *SZÚ*. [Online] 08. 08

2007. [Citace: 10. 01 2012.]
<http://www.szu.cz/uploads/documents/chzp/voda/pdf/nouzvod.pdf>.
17. **Havel, B., Jeligová, H. a Kožíšek, F.** AUTORIZAČNÍ NÁVOD AN 16/04 VERZE 3. SZÚ. [Online] SZÚ, 20. 9 2011. [Citace: 8. 12 2011.]
http://www.szu.cz/uploads/documents/ska/autorizace/AN16_04_voda.pdf.
18. **Health Canada.** Guidelines for Canadian Drinking Water Quality: Supporting Documentation: Iron. *Health Canada*. [Online] 11 1987. [Citace: 12. 05 2012.]
http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/alt_formats/hecs-sesc/pdf/pubs/water-eau/iron-fer/iron-fer-eng.pdf.
19. **EFSA.** Opinion of the Scientific Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies on a request from the Commission related to the Tolerable Upper Intake Level of Iron. *EFSA*. [Online] 19. 10 2004. [Citace: 13. 5 2012.]
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/125.pdf>.
20. **World Health Organization, Food and Agricultural Organization of the United Nations.** *Vitamin and mineral requirements in human nutrition, Second edition, Calcium*. Geneva : WHO Press, 2004. 92-4-154612-3.
21. **Aamodt, G., et al.** The association between water supply and infl... [Am J Epidemiol. 2008] - PubMed - NCBI. *PubMed, National Center for Biotechnology Information, NCBI, United States National Library of Medicine*. [Online] American journal of epidemiology, 01 09 2008. [Cited: 15 03 2012.] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18801890>.
22. **Brewer, G. J.** Risks of Copper and Iron Toxicity during Aging in Humans. *Risks of Copper and Iron Toxicity during Aging in Humans - Brewer GJ - Chem Res Toxicol 23 (2010) 319-326 - Chem. Res. Toxicol. 23(2)*. [Online] 2010. [Citace: 22. 01 2012.]
<http://www.scribd.com/doc/43550327/Risks-of-Copper-and-Iron-Toxicity-during-Aging-in-Humans-Brewer-GJ-Chem-Res-Toxicol-23-2010-319-326-Chem-Res-Toxicol-23-2-319-326-2010>.
23. **World Health Organization.** Guidelines for Drinking-water Quality, FIRST ADDENDUM TO THIRD EDITION. *WHO*. [Online] 2006. [Citace: 21. 5 2012.]
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq0506.pdf. 92-4-154696-4.
24. **Kožíšek, F.** Zdravotní rizika pitné vody s vysokým obsahem rozpuštěných látek (atestační práce). Praha : Státní zdravotní ústav, 2008.
25. **World Health Organization.** Hardness in Drinking-water: Background document for development of WHO Guidelines for Drinking-water Quality. *Hispagua: Sistema Español de Información sobre el Agua*. [Online] 2009. [Citace: 25. 4 2012.]
http://hispagua.cedex.es/sites/default/files/hispagua_documento/dureza.pdf.
26. **WHO.** Calcium and Magnesium in Drinking-water Public health significance. *WHO*. [Online] 2009. [Citace: 21. 5 2012.]
http://whqlibdoc.who.int/publications/2009/9789241563550_eng.pdf. 978-92-4-156355-0.
27. **World Health Organization.** Nutrients in Drinking Water. *WHO*. [Online] 2005. [Citace: 16. 5 2012.] http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/nutrientsindw.pdf. 92-4-159398-9.
28. **Catling, L. A., et al.** A systematic review of analytical observational studies investigating the association between cardiovascular disease and drinking water hardness. *Journal of Water and Health*. [Online] 6 4 2008. [Cited: 22 5 2012.]
<http://www.iwaponline.com/jwh/006/0433/0060433.pdf>.
29. **World Health Organization.** *Vitamin and Mineral Requirements in Human Nutrition, second edition, magnesium*. GENEVA : autor neznámý, 2004. 92-4-154612-3.
30. **University of East Anglia and Drinking Water Inspektorate.** Review of evidence for relationship between incidence of cardiovascular disease and water hardness. [Online]

21. 09 2005. [Citace: 20. 01 2012.] http://dwi.defra.gov.uk/research/completed-research/reports/DWI70_2_176_water_hardness.pdf.
31. **Lake I.R., Shift L., Catling L.A., Abubakar I., Sabel C.E., Hunter P.R.** Effects of water hardness on cardiovascular mortality: an ecological time series approach. *www.pubmed.gov*. [Online] 2009. [Cited: 12 12 2011.] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20031964>.
32. **Rylander, R.** Drinking Water Constituents and Disease. *Journal of nutrition*. [Online] 2008. [Citace: 23. 02 2012.] <http://jn.nutrition.org/content/138/2/423S.full>. 1541-6100.
33. **Pitter, P.** *Hydrochemie*. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 1999. 80-7080-340-1.
34. **IOM.** Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium and Zinc. *The national academies press*. [Online] 2001. [Citace: 13. 04 2012.] http://www.nap.edu/openbook.php?record_id=10026&page=674. 0-309-07279-4.
35. **U.S. Environmental Protection Agency.** Drinking Water Health Advisory for Manganese. *U.S. Environmental Protection Agency*. [Online] 1 2004. [Citace: 18. 5 2012.] http://www.epa.gov/ogwdw/cc1/pdfs/reg_determine1/support_cc1_magnese_dwreport.pdf. EPA-822-R-04-003.
36. **Agency for Toxic Substances and Disease Registry.** Division of Toxicology: Draft Toxicological Profile for Manganese. *www.cdc.gov*. [Online] 9 2008. [Citace: 20. 5 2012.] <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp151.pdf>.
37. **Bouchard M.F., Sauvé S., Barbeau B., Legrand M., Brodeur M., Bouffard T., Limoges E., Bellinger D.C., Mergler D.** Intellectual Impairment in School-Age Children Exposed to Manganese from Drinking Water. *Environmental Health Perspectives, volume 119, number 1, journal*. [Online] 01 2011. [Cited: 23 06 2012.] <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1002321>.
38. **World Health Organization.** Guidelines for drinking-water quality, Addendum to volume 2 Health criteria and other supporting information. *WHO Press*. [Online] 1996. [Citace: 05. 06 2012.] http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/2edvol2p1.pdf. 92 4 154480 5.
39. **Frisbie, S. H., et al.** World Health Organization Discontinues Its Drinking-Water Guideline for Manganese. *Environmental Health Perspectives, volume 120, number 6, journal*. [Online] 06 2012. [Cited: 02 07 2012.] <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/fetchArticle.action?articleURI=info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1104693.775778-1538>.
40. **World Health Organization.** Manganese in Drinking-water. *WHO*. [Online] WHO Press, 2011. [Citace: 20. 5 2012.] http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/chemicals/manganese.pdf.
41. **Bouchard, M. F., et al.** *ehp03.niehs.nih.gov*. [Online] 20 9 2010. [Cited: 15 5 2012.] <http://ehp03.niehs.nih.gov/article/info%3Adoi%2F10.1289%2Fehp.1002321>.
42. **Falahee, M. a MacRae, W. A.** Consumer appraisal of drinking water: multidimensional scaling analysis. *Food Quality and Preference, Volume 6, Number 4*. místo neznámé : Elsevier science, 1995.

10 Přílohy

Příloha č. 1

Patogeny šířené vodou a jejich význam (upraveno podle WHO)

Patogen	Zdravotní riziko	Přežívání ve vodě ^a	Rezistence vůči chloru ^b	Míra nakažlivosti ^c	Živočišný zdroj	Relevance v ČR
Bakterie						
<i>Burkholderia pseudomallei</i>	nízké	mohou se rozmnožovat	nízká	nízká	ne	nízká
<i>Campylobacter jejuni</i> , <i>C. coli</i>	vysoké	střední	nízká	střední	ano	střední
<i>Escherichia coli</i> – patogenní ^d	vysoké	střední	nízká	nízká	ano	vysoká
<i>E. coli</i> – enterohemoragické	vysoké	střední	nízká	vysoká	ano	vysoká
<i>Legionella</i> spp.	vysoké	rozmnožují se	nízká	střední	ne	vysoká
Netuberkulózní mykobakteria	nízké	rozmnožují se	střední	nízká	ne	střední
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ^e	střední	mohou se rozmnožovat	mírná	nízká	ne	vysoká
<i>Salmonella typhi</i>	vysoké	střední	nízká	nízká	ne	vysoká
Jiné salmonely	vysoké	mohou se rozmnožovat	nízká	nízká	ano	vysoká
<i>Shigella</i> spp.	vysoké	krátké	nízká	střední	ne	vysoká
<i>Vibrio cholerae</i>	vysoké	krátké	nízká	nízká	ne	střední
<i>Yersinia enterocolitica</i>	vysoké	dlouhé	nízká	nízká	ano	střední
Viry						
Adenoviry	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	ne	vysoká
Enteroviry	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	ne	vysoká
Virus hepatitidy A	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	ne	vysoká
Virus hepatitidy E	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	potenciální	střední
Noroviry a sapoviry	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	potenciální	střední
Rotaviry	vysoké	dlouhé	střední	vysoká	ne	střední
Protozoa (prvoci)						
<i>Acanthamoeba</i> spp.	vysoké	dlouhé	vysoká	vysoká	ne	střední
<i>Cryptosporidium</i> spp.	vysoké	dlouhé	vysoká	vysoká	ano	střední
<i>Cyclospora cayentanensis</i>	vysoké	dlouhé	vysoká	vysoká	ne	nízká
<i>Entamoeba histolytica</i>	vysoké	střední	vysoká	vysoká	ne	střední
<i>Giardia intestinalis</i>	vysoké	střední	vysoká	vysoká	ano	střední
<i>Naegleria fowleri</i>	vysoké	mohou se rozmnožovat v teplé vodě	vysoká	vysoká	ne	střední
<i>Toxoplasma gondii</i>	vysoké	vysoké	vysoká	vysoká	ano	střední
Helminți (červi)						
<i>Dracunculus medinensis</i>	vysoké	střední	střední	vysoká	ne	nízká
<i>Schistosoma</i> spp.	vysoké	krátká	střední	vysoká	ano	nízká

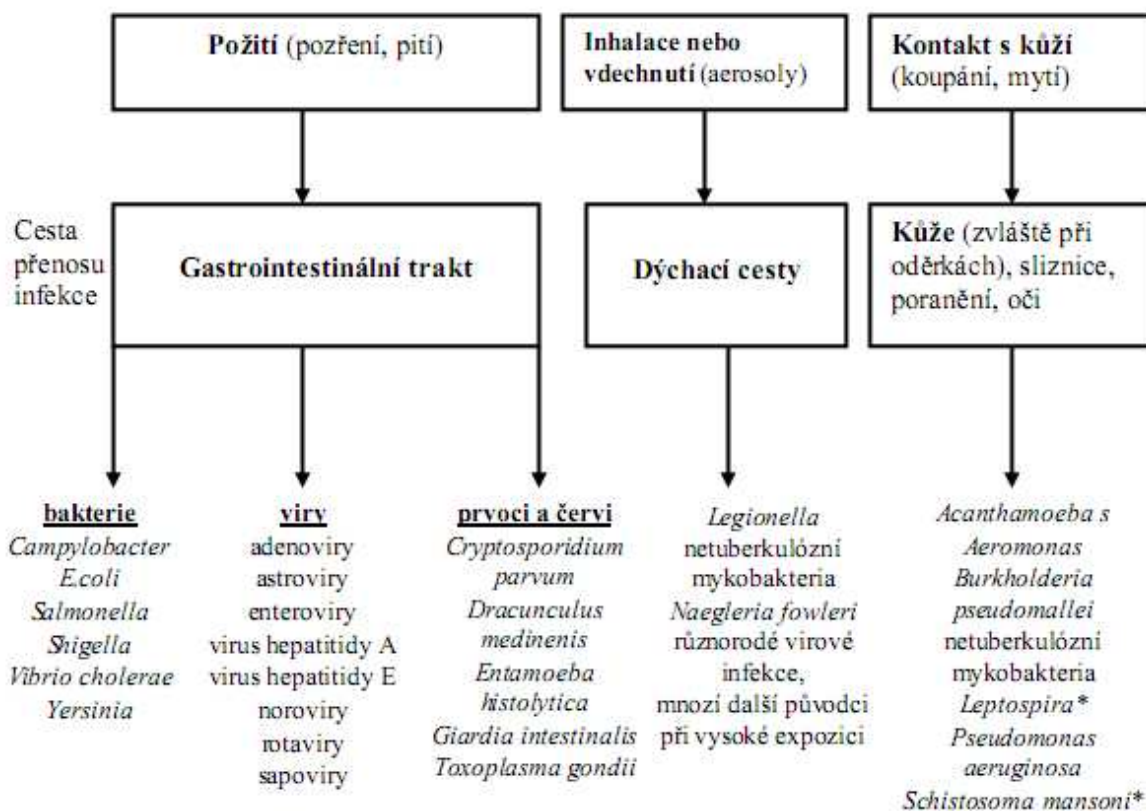
Vysvětlivky:

- Detekční doba pro infekční stádium ve vodě při 20 °C: krátká – do týdne; střední – 1 týden až 1 měsíc; dlouhá – více než 1 měsíc.
- Údaje se vztahují k situaci, že infekční agens je volně rozptýleno ve vodě, která je upravována běžnými dávkami chloru a s běžnou kontaktním dobou. Odolnost „střední“ znamená, že původce možná není úplně odstraněn.
- V originále „relative infectivity“. Znamená pravděpodobnost přenosu infekce. Údaje byly získány z výzkumu na dobrovolnících nebo z epidemiologických šetření.
- Zahrnuje enteropatogenní, enterotoxigenní a enteroinvazivní *E. coli*.
- Hlavní infekční cesta *P. aeruginosa* je kožním kontaktem, ale ústí (perorálně) se mohou infikovat osoby s potlačenou imunitou nebo nemocné rakovinou.

[Zdroj: Guidelines for Drinking-water Quality (Doporučení pro kvalitu pitné vody), 3. vydání. Díl 1 – Recommendation. Vydala WHO, Ženeva 2004.]

Příloha č. 2:

Cesty přenosu patogenů spojených s vodou (podle WHO)



* Hlavně při kontaktu s kontaminovanou povrchovou vodou

[Zdroj: Guidelines for Drinking-water Quality (Doporučení pro kvalitu pitné vody), 3. vydání. Díl 1 – Recommendation. Vydala WHO, Ženeva 2004.]

Příloha č. 3:

Mikrobiologické, biologické, fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele pitné vody a jejich hygienické limity (podle vyhlášky č. 252/2004 Sb., v platném znění)

A. Mikrobiologické a biologické ukazatele

č.	ukazatel	jednotka	limit	typ limitu	Vysvětlivky
1	Clostridium perfringens	KTJ/100 ml	0	MH	1
2	enterokoky	KTJ/100 ml	0	NMH	
3	Escherichia coli	KTJ/100 ml	0	NMH	
4	koliformní bakterie	KTJ/100 ml	0	MH	
5	mikroskopický obraz – abioseston	%	10	MH	3
6	mikroskopický obraz – počet organismů	jedinci/ml	50	MH	3, 4
7	mikroskopický obraz – živé organismy	jedinci/ml	0	MH	3, 4, 5
8	počty kolonií při 22°C	KTJ/ml	200	MH	6
9	počty kolonií při 36°C	KTJ/ml	20	MH	7
10	Pseudomonas aeruginosa	Platí jen pro balenou pitnou vodou			

B. Fyzikální, chemické a organoleptické ukazatele

č.	ukazatel	symbol	jednotka	limit	typ limitu	vysvětlivky
11	1,2-dichlorethan		µg/l	3,0	NMH	
12	akrylamid		µg/l	0,1	NMH	8
13	amonné ionty	NH ₄ ⁺	mg/l	0,50	MH	
14	antimon	Sb	µg/l	5,0	NMH	
15	arsen	As	µg/l	10	NMH	
16	barva		mg/l Pt	20	MH	
17	benzen		µg/l	1,0	NMH	9
18	benzo[a]pyren	BaP	µg/l	0,010	NMH	
19	beryllium	Be	µg/l	2,0	NMH	10
20	bor	B	mg/l	1,0	NMH	
21	bromičnany	BrO ₃ ⁻	µg/l	10	NMH	11, 35
22	celkový organický uhlík	TOC	mg/l	5,0	MH	12
23	dusičnany	NO ₃ ⁻	mg/l	50	NMH	13
24	dusitany	NO ₂ ⁻	mg/l	0,50	NMH	13
25	epichlorhydrin		µg/l	0,10	NMH	8
26	fluoridy	F ⁻	mg/l	1,5	NMH	
27	hliník	Al	mg/l	0,20	MH	
28	hořčík	Mg	mg/l	10	MH	14
				20 – 30	DH	15

29	chemická spotřeba kyslíku (manganistanem)	CHSK-Mn	mg/l	3,0	MH	16
30	chlor volný		mg/l	0,30	MH	17
31	chlorethen (vinylchlorid)		µg/l	0,50	NMH	8
32	chloridy	Cl ⁻	mg/l	100	MH	18, 19
33	chloritany	ClO ₂ ⁻	µg/l	200	MH	11, 17, 35
34	chrom	Cr	µg/l	50	NMH	
35	chuť			přijatelná pro odběratele	MH	20
36	kadmium	Cd	µg/l	5,0	NMH	
37	konduktivita	κ	mS/m	125	MH	19, 21
38	kyanidy celkové	CN ⁻	mg/l	0,050	NMH	
39	mangan	Mn	mg/l	0,050	MH	22
40	měď	Cu	µg/l	1000	NMH	23
41	microcystin-LR		µg/l	1	NMH	24
42	nikl	Ni	µg/l	20	NMH	25
43	olovo	Pb	µg/l	10	NMH	25, 35
44	ozon	O ₃	µg/l	50	MH	17
45	pach			přijatelný pro odběratele	MH	20
46	pesticidní látky		µg/l	0,10	NMH	26
47	pesticidní látky celkem		µg/l	0,50	NMH	27
48	pH	pH		6,5 – 9,5	MH	19, 29
49	polycyklické aromatické uhlovodíky	PAU	µg/l	0,10	NMH	28
50	rtuť	Hg	µg/l	1,0	NMH	
51	selen	Se	µg/l	10	NMH	
52	sírany	SO ₄ ²⁻	mg/l	250	MH	19
53	sodík	Na	mg/l	200	MH	
54	stříbro	Ag	µg/l	50	NMH	30
55	tetrachlorethen	PCE	µg/l	10	NMH	31
56	trihalomethany	THM	µg/l	100	NMH	32
57	trichlorethen	TCE	µg/l	10	NMH	31
58	trichlormethan (chloroform)		µg/l	30	MH	
59	vápník	Ca	mg/l	30	MH	14
				40 – 80	DH	15
60	vápník a hořčík	Ca + Mg	mmol/l	2 – 3,5	DH	15
61	zákal		ZF(t,n)	5	MH	33
62	železo	Fe	mg/l	0,20	MH	34

Použité zkratky:

KTJ = kolonie tvořící jednotka

NMH = nejvyšší mezní hodnota

MH = mezní hodnota

DH = doporučená hodnota

Vysvětlivky k tabulkám:

1. Stanovuje se u pitných vod upravovaných přímo z povrchových vod nebo u podzemních vod ovlivněných povrchovými vodami. Tam, kde hodnota tohoto ukazatele není dodržena, musí se prozkoumat daný vodní zdroj a technologii úpravy, aby se zjistilo, zda lidské zdraví není potenciálně ohroženo přítomností patogenních mikroorganismů, např. kryptosporidií. Postup odpovědné osoby stanoví § 4 odst. 5 zákona č. 258/2000 Sb., ve znění zákona č. 274/2003 Sb.
2. Poznámka se vztahuje pouze pro balenou pitnou vodu. *Tyto požadavky nejsou v tabulce uvedeny.*
3. Nedílnou součástí výsledku zkoušky jsou i další informace získané při mikroskopickém rozboru, které mohou přispět k interpretaci výsledků. Tento slovní popis obsahuje zejména složení přítomného abiosestonu (případně jeho možný původ), bližší zařazení přítomných organismů a jejich možný původ (surová voda, pomnožení v síti), jejich příslušnost k obtížně odstranitelným skupinám apod. V případě výskytu živých organismů u vod zabezpečených dezinfekcí je vždy nutné udat, o jaké organismy se jednalo. U podzemních vod se zaznamenává především přítomnost organismů vázaných na povrchové vody a organismů indikujících zhoršenou jakost vody. Podzemní voda s výskytem organismů vázaných na povrchové vody musí být považována za vodu podzemní ovlivněnou vodou povrchovou (viz vysvětlivka 1).
4. Organismy zahrnované pod tento ukazatel se pro účely vyhlášky rozumí sinice a všechny eukaryotní organismy (řasy, prvoci, mikromycéty, viřníci, hlístice apod.). Bakterie (s výjimkou sinic) jsou uvedeny jen ve slovním popisu, ale nepočítají se do celkového počtu organismů. Mikroskopický nálezy masového výskytu organotrofních bakterií (více než 100 jedinců/ml) je třeba posuzovat jako překročení MH ukazatelů č. 6, popřípadě č. 7. Produkty metabolismu železitých bakterií řadíme k abiosestonu.
5. Mezní hodnota platí pouze u vod zabezpečených desinfekcí. Živé organismy obsahující chlorofyl se odliší pomocí autofluorescence chlorofylu. Ostatní, pokud je to možné, podle dalších znaků (například pohyb, stav protoplastu).
6. Bez abnormálních změn. Pro náhradní zásobování; pro vodu dodávanou ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích a pro vodu z malých nedezinfikovaných zdrojů, produkujících méně než 5 m³ za den, platí mezní hodnota 500 KTJ/ml.
7. Bez abnormálních změn. Pro náhradní zásobování; pro vodu dodávanou ve vzdušných, vodních a pozemních dopravních prostředcích a pro vodu z malých nedezinfikovaných zdrojů, produkujících méně než 5 m³ za den, platí mezní hodnota 100 KTJ/ml.
8. Hodnota platí pro zbytkovou koncentraci monomeru (látky), vypočtenou podle údajů o obsahu a možném uvolňování z materiálů (např. z rozvodného potrubí) a předmětů sloužících k úpravě, výrobě a distribuci pitné vody, které jsou ve styku s pitnou vodou. Stanovení v pitné vodě se provede jen v případě, kdy není možné výpočet provést a látka se vzhledem k použitým materiálům může ve vodě vyskytovat. Stanovení chlorethenu (vinylchloridu) se však provede rovněž u nových zdrojů před jejich uvedením do provozu.
9. Při stanovení benzenu je nutné sledovat, není-li indikována přítomnost dalších aromatických uhlovodíků (toluenu, xylenu, ethylbenzenu). O nálezu těchto látek nad mez stanovení informuje laboratoř objednatel rozboru. V případě kvantitativního stanovení se uvedou nálezy stanovených látek do protokolu o zkoušce.
10. Stanovuje se vždy u nového zdroje a dále tam, kde nálezy Be přesahují 25 % limitní hodnoty.
11. Tam, kde je to možné bez snížení účinnosti dezinfekce, by se mělo usilovat o dosažení co nejnižší hodnoty.
12. Bez abnormálních změn. Nemusí se stanovovat u zdrojů dávajících méně než 10 000 m³ vody denně.
13. Musí být dodržena podmínka, aby součet poměrů zjištěného obsahu dusičnanů v mg/l děleného 50 a zjištěného obsahu dusitanů v mg/l děleného 3 byl menší nebo rovný 1. Součet poměrů odpovídá svým významem nejvyšší mezní hodnotě. Obsah dusitanů v pitné vodě na výstupu z úpravy musí být nižší než 0,1 mg/l.

14. Mezní hodnota představuje minimum a platí pro vody, u kterých je při úpravě uměle snižován obsah vápníku nebo hořčíku. Pro všechny vody platí, že tam, kde je to možné, by se mělo usilovat o dosažení doporučené hodnoty.
15. Doporučená hodnota jako optimální koncentrace je stanovena z hlediska zdravotního, nikoliv technického.
16. Bez abnormálních změn. Není nutno stanovovat, pokud je stanoven obsah TOC (celkový organický uhlík).
17. Obsah volného chloru, chloritanů či ozonu se stanovuje pouze v případě použití chloru nebo prostředků obsahujících chlor, oxidu chloričitého nebo ozonu při úpravě vody. Za úpravu se považuje i dezinfekce vody. V případě využití vázaného aktivního chloru (např. ve formě chloraminů) pro dezinfekci, platí pro celkový aktivní chlor mezní hodnota 0,4 mg/l.
18. V případech, kdy vyšší hodnoty chloridů jsou způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty až do 250 mg/l považující za vyhovující požadavkům této vyhlášky. Pro balené pitné vody uměle doplňované minerálními látkami platí mezní hodnota 250 mg/l.
19. Voda by neměla působit agresivně vůči materiálům rozvodného systému, včetně domovních instalací. Posouzení agresivity se provádí podle TNV 75 7121 Požadavky na jakost vody dopravované potrubím.
20. V případě pochybností se za přijatelné považují stupně 1 a 2 při stanovení podle ČSN EN 1622 Jakost vod: Stanovení prahového čísla pachu (TON) a prahového čísla chuti (TFN).
21. Měřeno při 25°C.
22. V případech, kdy vyšší hodnoty manganu ve zdroji surové vody jsou způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty manganu až do 0,20 mg/l považující za vyhovující požadavkům této vyhlášky za předpokladu, že nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody.
23. Limitní hodnota je stanovena na základě toxického působení mědi a platí pro vzorek pitné vody odebraný odpovídající metodou vzorkování z kohoutku tak, aby vzorek byl reprezentativní pro průměrné jednotýdenní množství požitě spotřebiteli. Při koncentracích nad 100 µg/l může docházet ke změnám organoleptických vlastností vody. Pro kontrolu jakosti pitné vody podle § 4 (vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění) se použije metoda náhodného vzorkování během pracovního dne, která spočívá v odběru prvních 1000 ml vody z kohoutku (bez očištění kohoutku a bez předchozího odpouštění vody nebo odběru vzorků vody na stanovení jiných ukazatelů) odebraných během normální pracovní doby vzorkaře (obvykle 8.00 – 16.00 hod). Zjistí-li se při tomto odběru překročení limitní hodnoty a je-li nepřímo prokázáno, že se jedná o zhoršení vlivem vnitřního vodovodu, zajistí vlastník objektu účelové vzorkování pro zjištění průměrné koncentrace látky požitě spotřebiteli během jednoho týdne.
24. Stanovuje se u pitné vody upravené z povrchové vody v období, kdy lze očekávat zvýšený výskyt sinic. Četnost stanovení může orgán ochrany veřejného zdraví omezit nebo od stanovení tohoto ukazatele zcela upustit tam, kde osoba podle §3 odst. 2 zákona do provozního řádu podle §4 odst. 3 zákona uvede vhodný postup zaručující, že možný výskyt cyanotoxinů v pitné vodě bude podchycen a následně budou číněna včasná a účinná opatření, která zabrání ohrožení veřejného zdraví. Za vhodný postup k podchycení cyanotoxinů se považuje např. sledování sinic ve vodárenském zdroji pomocí vhodných metod, použití vhodného biotestu ke zjištění, zda přítomné sinice obsahují cyanotoxiny, případně stanovení toxinů přímo v biomase sinic nebo v surové vodě. Za účinná opatření se považují např. změna odběrového horizontu s nižší koncentrací sinic, použití vodárenské technologie prokazatelně vedoucí k odstranění cyanotoxinů z upravované vody nebo dočasné odstavení vodárenského zdroje.
25. Limitní hodnota platí pro vzorek pitné vody odebraný odpovídající metodou vzorkování z kohoutku tak, aby vzorek byl reprezentativní pro průměrné jednotýdenní množství požitě spotřebiteli. Pro kontrolu jakosti pitné vody podle § 4 (vyhlášky č. 252/2004 Sb. v platném znění) se použije metoda náhodného vzorkování během pracovního dne, která spočívá v odběru prvních 1000 ml vody z kohoutku (bez očištění kohoutku a bez předchozího odpouštění vody nebo odběru vzorků vody na stanovení jiných ukazatelů) odebraných během normální pracovní doby vzorkaře (obvykle 8.00 – 16.00 hod). Zjistí-li se při tomto odběru překročení limitní hodnoty a je-li nepřímo prokázáno, že se jedná o zhoršení vlivem vnitřního vodovodu, zajistí vlastník objektu účelové vzorkování pro zjištění průměrné koncentrace látky požitě spotřebiteli během jednoho týdne.

26. Pesticidy se rozumí organické insekticidy, herbicidy, fungicidy, nematocidy, akaricidy, algicidy, rodenticidy, slimicidy, příbuzné produkty (např. regulátory růstu) a jejich metabolity, rozkladné nebo reakční produkty. Limitní hodnota platí pro každý jednotlivý pesticid s výjimkou aldrinu, dieldrinu, heptachloru a heptachlorepoxydu, kde platí limitní hodnota 0,03 µg/l. Stanovují se pouze pesticidy s pravděpodobným výskytem v daném zdroji. Stanovené pesticidní látky musí být v rozboru specifikovány. Pokud pesticidy nejsou součástí úplného rozboru, musí osoba uvedená v § 3 odst.2 zákona o ochraně veřejného zdraví (t.j. výrobce, resp. distributor vody) doložit, proč nepředpokládá výskyt pesticidů ve zdroji.
27. Limitní hodnota se vztahuje na součet jednotlivých stanovených a kvantitativně zjištěných pesticidních látek. Není-li látka zjištěna kvantitativně, k součtu se přičítá nula.
28. Limitní hodnota se vztahuje na součet kvantitativně stanovených následujících specifických látek: benzo[*b*]fluoranthen, benzo[*k*]fluoranthen, benzo[*ghi*]perylene, indeno[1,2,3-*cd*]pyren. Není-li látka zjištěna kvantitativně, k součtu se přičítá nula. Jsou-li stanoveny další látky typu polyaromatických uhlovodíků, nelze jejich hodnotu zahrnout do ukazatele PAU. S výjimkou benzo[*a*]pyrenu, pro který je stanovena limitní hodnota (ukazatel č. 18), se v případě jejich nálezu nad mezí detekce postupuje podle § 4 odst. 6 zákona o ochraně veřejného zdraví čili věc se oznámí orgánu ochrany veřejného zdraví.
29. Pro balené pitné vody nesyčené oxidem uhličitým a pro pitnou vodu dopravovanou kontejnery lze připustit hodnotu pH od 4,5; pro balenou pitnou vodu, která je přírodně bohatá nebo uměle obohacena oxidem uhličitým, může být minimální hodnota i nižší. U vod s přirozeně nižším pH se hodnoty pH 6,0 až 6,5 považují za splňující požadavky této vyhlášky za předpokladu, že voda nepůsobí agresivně vůči materiálům rozvodného systému, včetně vnitřního vodovodu.
30. Týká se vod dezinfikovaných solemi stříbra a vod upravovaných zařízení obsahujícím stříbro.
31. Součet koncentrací tetrachlorethenu a trichlorethenu nesmí překročit 10 µg/l.
32. Limitní hodnota se vztahuje na součet kvantitativně zjištěných koncentrací trichlormethanu (chloroformu), tribrommethanu (bromoformu), dibromchlormethanu a bromdichlormethanu. Není-li látka zjištěna kvantitativně, k součtu se přičítá nula. Tam, kde je to možné bez snížení účinnosti dezinfekce, by se mělo usilovat o dosažení co nejnižší hodnoty.
33. V případech úpravy povrchové vody by voda vycházející z úpravny neměla překročit hodnotu 1,0 ZF. Jednotka se uvádí podle použité metody stanovení: ZF(*t*) nebo ZF(*n*), kde *t* znamená turbidimetrickou a *n* nefelometrickou metodu.
34. V případech, kdy vyšší hodnoty železa ve zdroji surové hodnoty jsou způsobeny geologickým prostředím, se hodnoty železa až do 0,50 mg/l považují za vyhovující požadavkům této vyhlášky za předpokladu, že nedochází k nežádoucímu ovlivnění organoleptických vlastností vody.
35. V tabulce uvedený hygienický limit platí až od určitého data, níže uvedeného. Do té doby platí mírnější limit podle následujícího ustanovení (viz § 12 vyhlášky č. 252/2004 Sb.): pro ukazatel „bromičnany“ platí hygienický limit 25 µg/l (nejvyšší mezní hodnota) do 24. prosince 2008, pro ukazatel „chloritany“ platí hygienický limit 400 µg/l (mezní hodnota) do 24. prosince 2006, pro ukazatel „olovo“ platí hygienický limit 25 µg/l (nejvyšší mezní hodnota) do 24. prosince 2013.